



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0040286

(51)⁷ G06T 5/20; G06T 7/13

(13) B

(21) 1-2019-03009

(22) 06/06/2019

(30) US 16/001,885 06/06/2018 US

(45) 25/06/2024 435

(43) 25/12/2019 381A

(73) Cognex Corporation (US)

One Vision Drive, Natick, MA 01760, United States of America

(72) Lei WANG (US); Vivek ANAND (IN); Lowell D. JACOBSON (US).

(74) CÔNG TY LUẬT TNHH IP MAX (IPMAX LAW FIRM)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỂ TÌM CÁC DẤU HIỆU ĐƯỜNG THẲNG TRONG ẢNH BẰNG HỆ THỐNG QUAN SÁT

(57) Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh mà cho phép nhiều đường thẳng được nhận dạng và phân biệt một cách hiệu quả và chính xác. Khi các đường thẳng được nhận dạng, người dùng có thể huấn luyện hệ thống để liên kết các nhãn định trước (ví dụ văn bản) với các đường thẳng này. Các nhãn này có thể được sử dụng để xác định các bộ phân loại mạng nơron. Mạng nơron vận hành tại khoảng thời gian chạy thực để nhận dạng và tính điểm các đường thẳng trong ảnh thời gian chạy được tìm thấy bằng việc sử dụng quá trình tìm đường thẳng. Các đường thẳng được tìm thấy có thể được hiển thị tới người dùng bằng các nhãn và ánh xạ điểm số xác suất được liên kết dựa trên các kết quả mạng nơron. Các đường thẳng mà không được gắn nhãn thường có điểm số thấp, và cũng không được gắn cờ bởi giao diện, hoặc được nhận dạng là không liên quan.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hệ thống quan sát bằng máy, và cụ thể hơn là đề cập đến các công cụ của hệ thống quan sát để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong các ảnh thu được.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống quan sát bằng máy (sau đây được gọi ngắn gọn là “các hệ thống quan sát”) được sử dụng để thực hiện nhiều loại nhiệm vụ trong sản xuất, hậu cần và công nghiệp. Các nhiệm vụ như vậy có thể bao gồm kiểm tra bề mặt và chi tiết, căn chỉnh các đối tượng trong quá trình lắp ráp, đọc các mẫu và các mã ID (ký hiệu nhận dạng), và hoạt động bất kỳ khác trong đó dữ liệu quan sát được thu và được biên dịch để sử dụng trong các quá trình xử lý tiếp theo. Các hệ thống quan sát thường sử dụng một hoặc nhiều camera để thu các ảnh của cảnh chụp chứa đối tượng hoặc chủ thể quan tâm. Đối tượng/chủ thể có thể ở trạng thái tĩnh hoặc có chuyển động tương đối. Sự chuyển động có thể cũng được điều khiển nhờ thông tin được tạo ra bởi hệ thống quan sát, như trong trường hợp thao tác các chi tiết bằng rô-bốt.

Nhiệm vụ chung đối với hệ thống quan sát là tìm và đặc trưng hóa các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh. Nhiều loại công cụ được sử dụng để nhận dạng và phân tích các dấu hiệu đường thẳng như vậy. Thông thường, các công cụ này dựa vào mức độ chênh lệch độ tương phản sắc nét mà xuất hiện ở một phần của ảnh. Mức độ chênh lệch độ tương phản này được phân tích bằng cách sử dụng, ví dụ công cụ định cỡ để xác định nếu các điểm riêng biệt trong ảnh có mức độ chênh lệch độ tương phản có thể được kết hợp thành dấu hiệu dạng đường thẳng. Nếu như vậy, khi đó đường thẳng sẽ được nhận dạng trong ảnh. Lưu ý là, các công cụ mà tìm các điểm biên và các công cụ để khớp đường thẳng với các điểm biên này hoạt động độc lập với nhau. Điều này làm tăng chi phí xử lý và giảm độ tin cậy. Trong trường hợp ảnh chứa nhiều đường thẳng, các công cụ như vậy có thể có hạn chế ở khả năng nhận dạng chính xác chúng. Ngoài

ra, các công cụ tìm đường thẳng đã biết được thiết kế để tìm một đường thẳng duy nhất trong ảnh có thể có vấn đề khi sử dụng khi ảnh chứa nhiều đường thẳng được phân cách gần nhau với cùng định hướng và cực tính.

Một thách thức khác là các đường thẳng của một đối tượng đôi khi có thể bị che lấp hoặc không rõ ràng trong ảnh thu được. Người dùng có thể không chắc chắn ký hiệu nhận dạng của các đường thẳng được tìm thấy, và các cơ chế mà cho phép sự nhận dạng riêng rẽ của các đường thẳng này, có thể liên quan đến việc tạo ra các quy tắc và kịch bản phức tạp, làm tiêu tốn thêm thời gian và chi phí trong việc lắp đặt hệ thống quan sát và nhiệm vụ huấn luyện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế khắc phục các vấn đề kỹ thuật còn tồn tại như nêu trên bằng việc đề xuất hệ thống và phương pháp để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh mà cho phép các đường thẳng được nhận dạng và được phân biệt một cách chính xác và hiệu quả. Khi các đường thẳng được nhận dạng, người dùng có thể huấn luyện hệ thống liên kết với các nhãn định trước (ví dụ văn bản) đối với các đường thẳng này. Các nhãn này (ở đây cũng được gọi là “các thể”) có thể được sử dụng để xác định các bộ phân loại mạng nơron. Mạng nơron hoạt động trong thời gian chạy để nhận dạng và tính điểm các đường thẳng trong ảnh thời gian chạy mà được tìm thấy khi sử dụng quá trình tìm đường thẳng. Các đường thẳng được tìm thấy có thể được hiển thị tới người dùng bằng các nhãn và ánh xạ điểm số xác suất được liên kết dựa trên các kết quả mạng nơron. Các đường thẳng mà không được gắn nhãn thường có điểm số thấp, và không được gắn cờ bởi giao diện, hoặc được nhận dạng là không liên quan.

Theo một phương án minh họa, hệ thống và phương pháp để tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được, dựa trên các ảnh thu được bởi một hoặc nhiều camera, được đề xuất. Hệ thống và phương pháp bao gồm bộ xử lý hệ thống quan sát, và giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát, mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng. Quá trình tìm đường thẳng thời gian chạy định vị các đường thẳng trong ảnh thu được và quá trình xử lý mạng nơron sử dụng một hoặc

nhiều bộ phân loại, dựa trên các nhãn, để xác định ánh xạ xác suất cho các dấu hiệu đường thẳng liên quan đến các nhãn. Quá trình tạo kết quả thời gian chạy tạo ra các nhãn và các điểm số xác suất dùng cho ít nhất một đường thẳng trong số các đường thẳng liên quan. Để minh họa, quá trình tạo kết quả thời gian chạy tạo ra các điểm số xác suất dùng cho các đường thẳng không liên quan, và/hoặc bao gồm giao diện mà làm nổi bật các đường thẳng và tạo ra các điểm số xác suất được liên kết với các đường thẳng được làm nổi bật. Ánh xạ điểm số có thể tương tự về kích cỡ với ảnh thu được. Quá trình tìm đường thẳng có thể bao gồm bộ xử lý mà thu dữ liệu ảnh của cảnh chụp chứa các dấu hiệu đường thẳng, có bộ trích điểm biên mà (a) tính toán trường vector gradient từ dữ liệu ảnh, (b) chiếu trường vector gradient trên nhiều vùng con phép chiếu gradient, và (c) tìm nhiều điểm biên tương ứng với các vùng con phép chiếu gradient dựa trên dữ liệu gradient được chiếu. Bộ xử lý cũng bao gồm bộ tìm đường thẳng mà tạo ra nhiều đường thẳng mà phù hợp với các điểm biên mà được trích từ ảnh. Để minh họa, bộ tìm đường thẳng thực hiện quá trình dựa trên thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên (RANDOM SAMPLE CONSENSUS, RANSAC) để so khớp các điểm biên không nhiều với các đường thẳng mới bao gồm xác định lặp lại các đường thẳng từ các điểm biên có nhiều đối với các đường thẳng được xác định trước đó. Phép chiếu trường gradient có thể được định hướng dọc theo hướng được thiết đặt để đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều dấu hiệu đường thẳng và/hoặc có thể xác định độ chi tiết dựa trên nhân Gauss. Bộ trích điểm biên có thể được bố trí để tìm nhiều trị số cực đại của độ lớn gradient trong mỗi vùng con phép chiếu gradient. Trị số cực đại của độ lớn gradient được nhận dạng tương ứng như một số điểm biên trong số nhiều điểm biên, được mô tả bởi vector vị trí và vector gradient. Bộ tìm đường thẳng có thể cũng được bố trí để xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên của các điểm biên được trích đó và ít nhất một đường thẳng ứng viên của các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính toán ma trận mà dựa trên khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ ít nhất một đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradient của ít nhất một điểm biên và hướng chuẩn của ít nhất một đường thẳng ứng viên. Để minh họa, dữ liệu ảnh bao gồm dữ liệu từ nhiều ảnh thu được từ nhiều camera. Nhờ đó các ảnh được biến đổi thành không gian tọa độ chung.

Theo phương án minh họa, hệ thống tìm kiếm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được dựa trên một hoặc nhiều camera được đề xuất. Hệ thống và phương pháp bao gồm bộ xử lý hệ thống quan sát và giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát, mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng. Quá trình tìm đường thẳng thời gian chạy định vị các đường thẳng trong ảnh thu được, và bộ phân loại thông kê hoặc bộ phân loại K-NN mà tạo ra các nhãn cho giao diện dựa trên các đường thẳng được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Phần mô tả sáng chế dưới đây dựa trên các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện cấu hình của hệ thống quan sát làm ví dụ thu các ảnh của đối tượng mà bao gồm nhiều dấu hiệu biên và bộ xử lý của hệ thống quan sát bao gồm mô đun/công cụ tìm biên và bộ xử lý/mô đun giao diện nhận được kết hợp theo phương án minh họa;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện tổng quan về hệ thống và phương pháp để trích điểm biên và tìm đường thẳng từ ảnh thu được theo phương án minh họa;

Fig.3 là lưu đồ hoạt động của quá trình xử lý trích điểm biên theo hệ thống và phương pháp được minh họa trên Fig.2;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện phép chiếu trường trên vùng của ảnh chứa các dấu hiệu biên, mà là một phần của quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện việc áp dụng nhân Gausơ cho ảnh để làm trơn đều ảnh, để sử dụng trong quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện phép chiếu trường, bao gồm áp dụng nhân Gausơ để làm trơn đều phép chiếu, để dùng trong quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3;

Fig.7 là sơ đồ thể hiện tổng quan đồ họa của quá trình xử lý trích điểm biên trên Fig.3 bao gồm việc áp dụng các nhân Gausơ và tính các ngưỡng độ tương phản tuyệt đối và được chuẩn hóa cho các điểm biên;

Fig.8 là đồ thị thể hiện vùng của các độ tương phản đạt tiêu chuẩn đối với các điểm biên có ngưỡng độ tương phản tuyệt đối và ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa đủ;

Fig.9 là lưu đồ hoạt động của quá trình xử lý tìm đường thẳng dựa vào các điểm biên được tìm thấy trên Fig.3, bằng cách sử dụng quá trình xử lý RANSAC làm ví dụ theo phương án minh họa;

Các hình vẽ Fig.10 và Fig.11 lần lượt là các hình vẽ thể hiện sự căn chỉnh sai và chính xác của các điểm biên so với các dấu hiệu đường thẳng song song được phân cách gần nhau;

Các hình vẽ Fig.12 và Fig.13 lần lượt là các hình vẽ thể hiện sự căn chỉnh chính xác và sai của các điểm biên so với các dấu hiệu đường thẳng chéo, mà có thể được phân giải theo bộ tìm đường thẳng của hệ thống và phương pháp được minh họa;

Các hình vẽ từ Fig.14 đến Fig.17 lần lượt là các hình vẽ thể hiện các ví dụ về các đường thẳng biểu thị cực tính từ sáng sang tối, cực tính từ tối sang sáng, hoặc cực tính từ sáng sang tối hoặc từ tối sang sáng, hoặc cực tính hỗn hợp, mà có thể được phân giải theo bộ tìm đường thẳng theo hệ thống và phương pháp được minh họa;

Fig.18 là hình vẽ thể hiện sự sửa đổi điểm số bao phủ đối với đường thẳng được tìm thấy khi xem xét mặt nạ được xác định bởi người dùng;

Fig.19 là lưu đồ hoạt động thể hiện quy trình huấn luyện công cụ tìm đường thẳng sử dụng giao diện mà bao gồm các nhãn/các thẻ mà có xét đến các đường thẳng của ảnh đối tượng quan tâm;

Fig.20 là hình vẽ thể hiện màn hình giao diện người dùng làm ví dụ, bao gồm các hộp thoại và ảnh của đối tượng huấn luyện có các đường thẳng quan tâm, được sử dụng để thực hiện quy trình huấn luyện trên Fig.19;

Fig.21 là lưu đồ hoạt động của quy trình chạy thực để tìm kiếm các đường thẳng sử dụng bộ tìm đường thẳng được huấn luyện trên Fig.19, bao gồm bước gán các nhãn

cho các đường thẳng quan tâm và các điểm số xác suất dựa trên bộ phân loại mạng (ví dụ noron) cho các đường thẳng được tìm thấy;

Fig.22 là hình vẽ thể hiện màn hình giao diện người dùng làm ví dụ, bao gồm ảnh của đối tượng có các đường thẳng được tìm thấy dựa trên quy trình chạy thực bộ tìm đường thẳng trên Fig.21, thể hiện nhãn và điểm số xác suất cho đường thẳng không liên quan; và

Fig.23 là hình vẽ thể hiện màn hình giao diện người dùng làm ví dụ, bao gồm ảnh của đối tượng có các đường thẳng được tìm thấy dựa trên quy trình chạy thực bộ tìm đường thẳng trên Fig.21, thể hiện nhãn và điểm số xác suất cho đường thẳng quan tâm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tổng quan hệ thống

Cấu hình hệ thống quan sát làm ví dụ 100 mà có thể được sử dụng theo phương án minh họa được thể hiện trên Fig.1. Hệ thống 100 bao gồm ít nhất một camera hệ thống quan sát 110, và có thể bao gồm một hoặc nhiều camera tùy chọn, bổ sung 112 (được thể hiện dưới dạng các hình mờ). (Các) camera 110, 112 minh họa bao gồm cảm biến ảnh (hoặc bộ tạo ảnh) S và các bộ phận điện tử được kết hợp để thu và truyền các khung ảnh đến phần (bộ) xử lý của hệ thống quan sát 130 mà có thể được khởi tạo theo bộ xử lý độc lập và/hoặc thiết bị tính toán 140. Camera 110 (và 112) bao gồm các thấu kính/phần tử quang học 116 thích hợp được lấy nét trên cảnh chụp mà chứa đối tượng 150 khi kiểm tra. Camera 110 (và 112) có thể bao gồm các đèn chiếu sáng trong và/hoặc ngoài (không được thể hiện) mà hoạt động theo quá trình thu ảnh. Thiết bị tính toán 140 có thể là hệ thống dựa trên bộ xử lý chấp nhận được bất kỳ có khả năng lưu trữ và xử lý dữ liệu ảnh theo phương án thực hiện minh họa. Chẳng hạn, thiết bị tính toán 140 có thể bao gồm máy tính (PC) (như được thể hiện trên hình vẽ), máy chủ, máy tính xách tay, máy tính bảng, điện thoại thông minh hoặc dạng thiết bị tương tự khác. Thiết bị tính toán 140 có thể bao gồm các thiết bị ngoại vi thích hợp, như thẻ thu nạp ảnh dựa vào bus mà kết nối với camera. Theo các phương án lựa chọn khác, bộ xử lý quan sát có thể một phần hoặc hoàn toàn được chứa trong chính thân camera và có

thể được kết nối mạng với các PC, các máy chủ và/hoặc các bộ xử lý dựa trên camera khác mà chia sẻ và xử lý dữ liệu ảnh. Thiết bị tính toán 140, theo cách tùy chọn, bao gồm màn hình thích hợp 142, mà có thể hỗ trợ giao diện đồ họa người dùng thích hợp (GUI) mà có thể vận hành phù hợp với các công cụ và các bộ xử lý của hệ thống quan sát 132 được bố trí trong phần (bộ) xử lý hệ thống quan sát 130. Lưu ý rằng, màn hình có thể được loại bỏ theo các phương án thực hiện khác và/hoặc được bố trí chỉ cho việc cài đặt và các chức năng dịch vụ. Các công cụ hệ thống quan sát có thể là phần trong số bộ phần mềm và/hoặc phần cứng chấp nhận được bất kỳ mà có thể chấp nhận được để sử dụng để kiểm tra các đối tượng, như các sản phẩm sẵn có trên thị trường của Cognex Corporation of Natick, MA. Thiết bị tính toán có thể còn bao gồm các thành phần giao diện người dùng (user interface, UI) kết hợp, bao gồm, chẳng hạn, bàn phím 144 và chuột 146, cũng như màn hình chạm trong màn hình 142.

(Các) camera 110 (và 112) chụp ảnh một phần hoặc toàn bộ đối tượng 150 được đặt trong cảnh chụp. Mỗi camera xác định một trục quang học OA, mà quanh nó trường quan sát được thiết đặt dựa vào các phần tử quang học 116, tiêu cự, v.v.. Đối tượng 150 bao gồm các biên 152, 154 và 156 tương ứng được bố trí theo các hướng khác nhau. Ví dụ, các biên đối tượng có thể bao gồm biên của kính bảo vệ được lắp trong thân điện thoại thông minh. Để minh họa, (các) camera có thể chụp ảnh toàn bộ đối tượng, hoặc các vị trí cụ thể (ví dụ, các góc trong đó kính giao với thân). Không gian tọa độ (chung) có thể được thiết lập đối với đối tượng, một trong số các camera hoặc điểm tham chiếu khác (chẳng hạn giá động mà đối tượng 150 được đỡ). Như được thể hiện trên hình vẽ, không gian tọa độ được biểu thị bởi các trục 158. Các trục này, để minh họa, xác định các trục x, y và z vuông góc và chiều quay Θ_z quanh trục z trong mặt phẳng x-y.

Theo phương án minh họa, phần xử lý hệ thống quan sát 130 cùng vận hành với một hoặc nhiều ứng dụng/quá trình xử lý (chạy trên thiết bị tính toán 140) mà nói chung bao gồm tập hợp các quá trình xử lý/công cụ của hệ thống quan sát 132. Các công cụ này có thể bao gồm nhiều ứng dụng thông thường và chuyên dụng mà được dùng để phân giải dữ liệu ảnh, chẳng hạn nhiều công cụ hiệu chuẩn và các công cụ chuyển đổi affine có thể được sử dụng để chuyển đổi dữ liệu ảnh thu được sang hệ

thống tọa độ (chung chẳng hạn) định trước. Các công cụ mà chuyển đổi dữ liệu mật độ thang đo xám của ảnh thành ảnh nhị phân dựa vào ngưỡng định trước cũng có thể được bao gồm. Tương tự, các công cụ mà phân tích gradien của mật độ (độ tương phản) giữa các điểm ảnh liền kề (và các điểm ảnh con) có thể được bố trí.

Phần (bộ) xử lý hệ thống quan sát 130 bao gồm phần xử lý, công cụ hoặc mô đun tìm đường thẳng 134 mà định vị nhiều đường thẳng trong ảnh thu được theo phương án minh họa. Do đó, tham chiếu đến Fig.2, là hình vẽ minh họa bằng biểu đồ tổng quan quá trình tìm đường thẳng 200 theo phương án minh họa. Quá trình xử lý 200 bao gồm hai phần chính. Ảnh đầu vào 210 được cấp đến bộ xử lý. Như được thể hiện, ảnh này bao gồm một cặp biên giao nhau 212 và 214. Cặp biên này có thể biểu thị vùng góc của đối tượng 150 nêu trên. Bộ trích điểm biên 220 xử lý ảnh đầu vào 210 để thu được tập hợp 230 của các điểm biên ứng viên, bao gồm các điểm biên 232 và 234 tương ứng nằm dọc theo các biên 212 và 214. Các điểm biên 232, 234, và dữ liệu kết hợp của chúng (ví dụ thông tin gradien mật độ được mô tả dưới đây), được cấp cho bộ tìm đường thẳng đệ quy 240, mà thực hiện chuỗi các quá trình xử lý lặp trên các điểm biên được chọn. Mục đích của các quá trình xử lý lặp này là cố gắng để khớp các điểm biên được tìm thấy khác với các dấu hiệu đường thẳng ứng viên. Quá trình xử lý tìm đường thẳng 240 trả về kết quả là các đường thẳng được tìm thấy 252 và 254, như được thể hiện trên hình vẽ. Các kết quả này có thể được cấp cho các quá trình xử lý phía cuối 260 khác mà sử dụng thông tin này, chẳng hạn các quá trình xử lý căn chỉnh, điều khiển rô-bốt, kiểm tra, đọc ID (ký hiệu nhận dạng), kiểm tra chi tiết/bề mặt, v.v..

Phần (bộ) xử lý tìm đường thẳng

Tham chiếu đến Fig.3, là hình vẽ thể hiện quá trình xử lý để trích các điểm biên theo một phương án. Một hoặc nhiều ảnh là ảnh thu được của cảnh chụp, mà chứa đối tượng hoặc bề mặt có các dấu hiệu biên cần tìm thấy (bước 310). (Các) ảnh có thể được trích bởi một camera hoặc bởi các camera. Trong mỗi trường hợp, các điểm ảnh có thể (theo cách tùy chọn) được chuyển đổi bởi các thông số hiệu chuẩn thích hợp thành không gian tọa độ chung và/hoặc mới ở bước 320. Bước này có thể còn bao gồm bước làm trơn đều ảnh như được mô tả dưới đây. Theo các phương án nhất định, trong

đó các camera chụp ảnh các vùng không liên tục của cảnh chụp, chẳng hạn lấy nét trên các vùng góc của đối tượng lớn hơn, không gian tọa độ chung có thể được tính cho vùng trống giữa các trường quan sát của camera. Như được mô tả dưới đây, các đường thẳng mà kéo dài giữa các trường quan sát như vậy (ví dụ biên đối tượng mà nổi hai vùng góc được tìm thấy) có thể được ngoại suy bởi hệ thống và phương pháp theo một phương án thực hiện sáng chế. Các điểm biên cần để tìm các đường thẳng được trích từ (các) ảnh trong không gian tọa độ thích hợp bởi bộ trích điểm biên bằng cách sử dụng phép chiếu trường gradient ở bước 330. Các trị số gradient trước hết sẽ được tính đối với mỗi điểm ảnh, tạo ra hai ảnh đối với các thành phần gradient x và y. (Các) ảnh còn được xử lý bằng cách chiếu trường gradient lên nhiều vùng dạng công cụ định cỡ. Khác với công cụ định cỡ thông thường mà chiếu trị số mật độ, bằng cách chiếu trường gradient theo một phương án, sự định hướng gradient có thể được đảm bảo, mà tạo thuận lợi cho quá trình xử lý tìm đường thẳng tiếp theo, như được mô tả dưới đây.

Ở bước 340, và như được thể hiện trên Fig.4, phần (vùng dạng công cụ định cỡ) 400 của ảnh các dấu hiệu biên ứng viên được thực hiện phép chiếu trường gradient (được biểu thị bởi các phép chiếu 410, 420, 430, được tìm kiếm qua (theo cách lấy xấp xỉ) hướng mong muốn của các biên theo hướng tìm kiếm (mũi tên SD), với các phép chiếu được lặp ngang qua vùng 400 theo phương chiếu vuông góc (mũi tên PD). Đối với mỗi phép chiếu (ví dụ phép chiếu 420) các biên xuất hiện như các trị số cực đại cục bộ trong trường gradient 440 được kết hợp với phép chiếu. Nói chung, chuỗi các điểm biên trong phần chiếu mà được kết hợp với biên sẽ biểu thị gradient mật độ (các vector 552, 554) vuông góc với phương kéo dài của biên này. Như được mô tả dưới đây, người dùng có thể xác định hướng chiếu dựa vào sự định hướng đường thẳng mong muốn. Theo cách khác, việc này có thể được tạo ra theo cách thức mặc định hoặc cách thức khác, chẳng hạn phân tích các dấu hiệu trong ảnh.

Hai thông số độ chi tiết được tính đến ở bước chiếu gradient nêu trên. Trước khi tính trường gradient, người dùng có thể chọn làm trơn đều ảnh bằng cách sử dụng nhân Gausơ đẳng hướng. Độ chi tiết thứ nhất xác định kích cỡ của nhân làm trơn Gausơ này. Như ký hiệu là 500 trên Fig.5, ứng dụng của nhân Gausơ được định cỡ thích hợp (ví dụ lớn 512, trung bình 514, nhỏ 516) được tạo ra để làm trơn đều ảnh 210. Ở đây,

thông số độ chi tiết thứ nhất xác định kích cỡ của nhân làm trơn đều Gauxơ đẳng hướng trước khi tính trường.

Sau khi tính trường gradient, phép chiếu có trọng số Gauxơ nhờ đó được thực hiện bởi quá trình xử lý, hơn là định trọng số đồng nhất ở các công cụ định cỡ thông thường. Vì vậy, thông số độ chi tiết thứ hai xác định kích cỡ của nhân Gauxơ một chiều (1D) được dùng trong suốt phép chiếu trường như được thể hiện trên Fig.6, trong đó vùng 600 tùy thuộc vào nhân Gauxơ được làm trơn đều 610, 620, 630. Trong suốt quá trình hoạt động diễn hình, người dùng kiểm tra (bằng cách sử dụng GUI) tất cả các biên được trích nằm trên ảnh, và sau đó điều chỉnh các ngưỡng độ chi tiết và độ tương phản cho đến khi số lượng các biên được trích dọc theo các đường thẳng được tìm thấy thỏa đáng, trong khi đó tránh được số lượng quá mức của các biên do nhiễu nền trong ảnh. Nói cách khác, bước này cho phép tỷ số nhiễu-tín hiệu được tối ưu đối với tính chất ảnh. Việc điều chỉnh này còn có thể được thực hiện theo cách tự động bởi hệ thống, bằng cách sử dụng trị số mặc định theo các phương án khác. Lưu ý rằng, việc sử dụng hàm trọng số Gauxơ là một trong số nhiều phương pháp để định trọng số phép chiếu, gồm có (ví dụ) định lượng trọng số đồng nhất.

Lưu đồ tổng thể của phép chiếu và trích trường gradient được minh họa bằng đồ thị trong sơ đồ 700 trên Fig.7. Hai thông số độ chi tiết, nhân Gauxơ đẳng hướng 710 và nhân Gauxơ 1D 720, mỗi nhân này được thể hiện trên mỗi nửa của sơ đồ tổng thể 700. Như được thể hiện, mỗi ảnh thu được 210 trải qua bước làm trơn đều và bước chia mười 730. Tiếp theo, ảnh thu được 740 trải qua bước tính trường gradient 750, như mô tả trên đây, để tạo ra hai ảnh gradient 752 và 754. Các ảnh gradient này còn được biểu thị như là g_x và g_y , biểu thị hai trục vuông góc trong không gian tọa độ chung. Lưu ý rằng, ngoài hai ảnh gradient, ảnh mật độ 756 cũng thường trải qua bước làm trơn đều, chia mười và xử lý chiếu 760 (bằng cách sử dụng phép chiếu trọng số Gauxơ 770 dựa vào nhân Gauxơ 1D 720) vì thông tin mật độ được xử lý còn được sử dụng để tính các độ tương phản được chuẩn hóa theo một phương án, được mô tả dưới đây. Kết quả là các biên dạng chiếu của các ảnh gradient 772 (g_x), 774 (g_y), và ảnh mật độ 776.

Dựa trên bước 350 của quá trình xử lý 300 (Fig.3), tiếp theo, các điểm biên đạt tiêu chuẩn được trích bằng cách kết hợp các biên dạng chiều 1D của cả các ảnh gradient x và y. Việc này được thực hiện bằng cách sử dụng phép tính độ tương phản thô 780 và phép tính độ tương phản được chuẩn hóa 790 dựa vào ảnh mật độ. Cụ thể hơn là, bất kỳ đỉnh cục bộ nào có cả các độ lớn gradient được chiếu thô và các gradient được chiếu được chuẩn hóa vượt quá các ngưỡng tương ứng đều được xem là điểm biên ứng viên đối với bước tìm đường thẳng tiếp theo theo các công thức minh họa dưới đây:

$$(g_x^2 + g_y^2)^{1/2} > T_{ABS}$$

$$(g_x^2 + g_y^2)^{1/2}/I > T_{NORM}$$

trong đó g_x và g_y lần lượt là cá trị số của các phép chiếu gradient-x và gradient-y ở vị trí điểm ảnh, I là mật độ, T_{ABS} là ngưỡng độ tương phản tuyệt đối đối với các độ lớn gradient được chiếu thô và T_{NORM} là ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa đối với các độ lớn gradient được chiếu được chuẩn hóa mật độ.

Lưu ý là, một điểm chỉ được xem là điểm biên ứng viên khi các độ tương phản tuyệt đối và được chuẩn hóa của nó đều vượt quá các ngưỡng tương ứng của chúng. Điều này được thể hiện bằng góc phân tư phía trên bên phải 810 trong đồ thị 800 làm ví dụ về ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa T_{NORM} so với ngưỡng độ tương phản tuyệt đối T_{ABS} . Việc sử dụng các ngưỡng kép (tuyệt đối và được chuẩn hóa) nói chung là khác với các phương pháp đã biết mà thường sử dụng ngưỡng độ tương phản tuyệt đối. Các ưu điểm của các các ngưỡng độ tương phản kép là rõ ràng, thông qua ví dụ, khi ảnh bao gồm cả các vùng mật độ tối và sáng mà cả hai bao gồm các biên quan tâm. Để phát hiện các biên trong các vùng tối của ảnh, cần thiết lập ngưỡng độ tương phản thấp. Tuy nhiên, việc thiết lập độ tương phản thấp như vậy có thể dẫn đến việc phát hiện các biên sai ở các vùng sáng của ảnh. Trái lại, để tránh việc phát hiện các biên sai ở các vùng sáng của ảnh, cần thiết lập ngưỡng độ tương phản cao. Tuy nhiên, với thiết lập độ tương phản cao, hệ thống có thể không phát hiện được một cách thích hợp các biên trong các vùng tối của ảnh. Bằng cách sử dụng ngưỡng độ tương phản được chuẩn hóa thứ hai, ngoài ngưỡng độ tương phản tuyệt đối thông thường, hệ thống có thể phát hiện một cách thích hợp các biên ở cả vùng tối và vùng sáng, và tránh được việc phát hiện sai các biên ở các vùng sáng của ảnh. Vì thế, bằng cách cho phép phát hiện các

biên liên quan trong khi tránh các biên có nhiễu, việc sử dụng các ngưỡng độ tương phản kép giúp tối đa hóa tốc độ và tính bền vững của bước tìm đường thẳng tiếp theo của quá trình xử lý tổng thể.

Như được thể hiện ở bước 350 (Fig.3), một khi tất cả các điểm biên được trích, chúng được biểu thị và được lưu trữ trong cấu trúc dữ liệu mà giúp làm thuận lợi cho các bộ tìm đường thẳng tiếp theo để vận hành. Chẳng hạn bộ dữ liệu sau:

$$P = (x, y, g_x, g_y, g_m, g_o, I, g_m/I, m, n)$$

trong đó (x, y) là vị trí của điểm biên, (g_x, g_y) là các giá trị của các phép chiếu gradient-x và gradient-y tương ứng, (g_m, g_o) là độ lớn gradient và hướng được tính từ (g_x, g_y) , I là mật độ ở vị trí điểm biên, g_m/I là độ tương phản được chuẩn hóa mật độ thu được bằng cách chia độ lớn gradient g_m cho mật độ I , m là chỉ số ảnh và n là chỉ số vùng chiếu. Vị trí của điểm biên, như là ở công cụ định cỡ tiêu chuẩn, có thể được nội suy cho độ chính xác được cải thiện.

Lưu ý là, quá trình xử lý trích điểm biên nói chung được thực hiện để chạy các phép chiếu trường theo một hướng đơn mà về cơ bản phù hợp với góc đường thẳng mong muốn. Do đó công cụ này là, nhạy nhất với các biên ở góc này, và độ nhạy của nó giảm dần với các biên ở các góc khác, trong đó tốc độ giảm tùy thuộc vào các thiết lập độ chi tiết mà gián tiếp xác định độ dài phép chiếu trường. Kết quả là, quá trình xử lý này được giới hạn vào việc tìm các đường thẳng mà có góc là "gần" góc đường thẳng mong muốn, tùy theo phạm vi góc được xác định bởi người dùng. Mặc dù quá trình xử lý này được làm thích ứng để tìm các đường thẳng mà không vuông góc, nhưng cũng có thể được tạo ra theo các phương án khác nhau để tìm các đường thẳng có góc bất kỳ trên 360 độ bằng cách thực hiện các phép chiếu đa hướng (tìm đường thẳng mọi hướng), gồm cả các hướng trực giao.

Như được thể hiện ở bước 360 của quá trình xử lý 300 (Fig.3), các ứng viên điểm biên có ngưỡng được cấp cho bộ tìm đường thẳng theo phương án minh họa này. Theo cách ví dụ, bộ tìm đường thẳng thực hiện theo cách đệ quy và sử dụng (ví dụ) các kỹ thuật dựa vào thuật toán đồng thuận ngẫu nhiên (RANSAC). Tham chiếu đến quá trình xử lý tìm đường thẳng 900 trên Fig.9. Ở bước 910, người dùng định rõ số lượng

lớn nhất của các đường thẳng mong muốn trong ảnh, cùng với góc mong muốn, dung sai góc, dung sai khoảng cách, và (nhằm minh họa) điểm số bao phủ tối thiểu (được mô tả chung dưới đây) thông qua (ví dụ) GUI. Các thông số này được sử dụng bởi bộ tìm đường thẳng để thực hiện các quá trình xử lý sau đây. Các đường thẳng được tìm đối với mỗi vùng con của ảnh bằng cách hoạt động theo cách đệ quy bộ tìm đường thẳng RANSAC, các điểm biên có nhiều từ một bước nào đó trở thành các điểm đầu vào cho bước tiếp theo. Vì thế, ở bước 920, quá trình xử lý 900 chọn cặp các điểm biên mà là một phần của nhóm gồm các điểm biên được nhận dạng như là cực trị trong quá trình xử lý tìm biên. Quá trình xử lý tìm biên 900 cố gắng khớp với đường thẳng mô hình với các điểm biên được chọn dựa vào việc so khớp các giá trị gradient (trong khoảng dung sai được chọn) thích hợp với đường thẳng mô hình. Ở bước 924, một hoặc nhiều ứng viên đường thẳng từ bước 922 được trả về. Mỗi bước tìm đường thẳng trả về kết quả là đường thẳng ứng viên, các điểm không nhiều và các điểm nhiều. (Các) đường thẳng trả về được qua bước tính các điểm biên không nhiều mà có vị trí và gradient thích hợp với ứng viên đường thẳng (bước 926). Ở bước 928, đường thẳng ứng viên với trị số đếm không nhiều lớn nhất được nhận dạng. Quá trình xử lý tìm đường thẳng nêu trên (các bước từ 920 đến 928) kết thúc khi nó đạt đến số lần RANSAC lớn nhất cho phép lặp (bước quyết định 930). Số lần lặp lớn nhất ở mỗi quá trình xử lý tìm đường thẳng được tính theo cách tự động bằng cách sử dụng, theo cách nội tại, tỷ lệ trường hợp xấu nhất được tính của các điểm nhiều và mức độ chắc chắn được chỉ định bởi người dùng. Mỗi quá trình xử lý tìm đường thẳng trả về kết quả là đường thẳng với số lượng các điểm biên thu được lớn nhất trong tất cả các lần lặp của nó, tuân theo dung sai so khớp được người dùng chỉ định, các mối ràng buộc hình học và cực tính. Mỗi điểm biên có thể chỉ được gán cho danh sách điểm không nhiều của một đường thẳng và mỗi đường thẳng chỉ được cho phép chứa tối đa một điểm biên từ mỗi vùng chiếu. Hướng gradient của điểm biên, cùng với vị trí của nó, được sử dụng để xác định xem có mặt trong danh sách điểm không nhiều của đường thẳng ứng viên hay không. Cụ thể là, các điểm biên phải có hướng gradient thích hợp với góc của đường thẳng ứng viên.

Nếu bước quyết định 930 xác định rằng việc lặp nữa được cho phép, thì các điểm nhiều từ ứng viên không nhiều tốt nhất được trả về (bước 940) tới quá trình xử lý RANSAC (bước 920) để sử dụng trong việc tìm đường thẳng ứng viên.

Trong mỗi quá trình lặp RANSAC, hai điểm biên thuộc các vùng chiếu khác nhau được chọn theo cách ngẫu nhiên và đường thẳng này sẽ được làm khớp với hai điểm này. Đường thẳng ứng viên kết quả thu được cũng chỉ được xem xét tiếp nếu góc của nó thích hợp với các góc gradient của cả hai biên theo cặp điểm và nếu góc của đường thẳng thích hợp với khoảng không chắc chắn được định rõ bởi người dùng. Nói chung, hướng gradient của điểm biên thường vuông góc, nhưng cũng có thể khác do dung sai góc được tạo cấu hình bởi người dùng. Nếu đường thẳng ứng viên đáp ứng các thử nghiệm khởi đầu thì số lượng các điểm biên không nhiều sẽ được đánh giá, trái lại quá trình xử lý lặp RANSAC mới được khởi tạo. Điểm biên sẽ được xem như điểm không nhiều của đường thẳng ứng viên chỉ khi hướng gradient và vị trí của nó thích hợp với đường thẳng dựa trên góc gradient và các dung sai khoảng cách được định rõ bởi người dùng.

Khi quá trình xử lý lặp RANSAC đạt tới tối đa (bước quyết định 930), thì các điểm không nhiều của ứng viên đường thẳng tìm thấy tốt nhất trải qua bước khớp với đường thẳng cải thiện, bằng cách sử dụng (chẳng hạn) phương pháp bình phương tối thiểu hồi quy hoặc phương pháp thích hợp chấp nhận được khác, và tập hợp các điểm biên không nhiều sẽ được đánh giá lại, lặp lại các bước này với số lần tối đa N (ví dụ ba hoặc nhiều hơn) cho đến khi số lượng các điểm không nhiều tiếp tục giảm hoặc tăng (bước 960). Đây là đường thẳng mà được chỉ báo như là đường thẳng tìm thấy ở bước 970.

Bước quyết định 980 xác định xem còn hay không đường thẳng cần được tìm (dựa vào (ví dụ) việc tìm kiếm các vùng con khác hoặc các tiêu chí khác), và nếu còn, quá trình xử lý chuyển về bước 920 để thao tác trên tập hợp mới của các điểm biên (bước 982). Khi không còn các điểm như vậy hoặc đạt đến số đếm lặp tối đa, quá trình xử lý 900 chuyển sang tập hợp (có nghĩa là nhiều) đường thẳng tìm được trong ảnh ở bước 990.

Bộ tìm đa đường thẳng được làm thích ứng để thực hiện điều chỉnh tinh các kết quả hiện có trong các trường hợp trong đó hai đường thẳng kết quả giao với đường khác trong vùng kiểm tra. Như được thể hiện chung trên các hình vẽ Fig.10 và Fig.11, đối với các đường thẳng song song phân cách gần 1010 và 1020, đôi khi thu được kết quả là các đường thẳng sai (xem Fig.10) do bản chất thống kê của quá trình xử lý RANSAC. Tuy nhiên, khi xuất hiện lỗi, việc thay đổi các nhóm điểm không nhiều (mũi tên 1120 ở các nhóm 1110 trên Fig.11) đôi khi có thể định vị các đường thẳng chính xác bằng các điểm số bao phủ tăng và lượng dư so khớp được làm giảm. Các thay đổi điểm có thể có hiệu quả nhất khi ảnh chứa các đường thẳng song song phân cách gần, như được thể hiện. Ngược lại, khi ảnh chứa các đường thẳng 1210 và 1220 mà thực sự giao chéo nhau như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.12 và Fig.13, thì các điểm số bao phủ giảm sau khi thay đổi điểm (mũi tên 1230 trong nhóm 1240 trên Fig.12), vì thế các kết quả ban đầu thu được trước khi thay đổi được giữ lại bởi quá trình xử lý này để phát hiện theo cách chắc chắn các đường giao chéo.

Lưu ý rằng, quá trình xử lý RANSAC là một trong số nhiều kỹ thuật theo đó bộ tìm đường thẳng có thể khớp các điểm với đường thẳng. Theo các phương án khác, các điểm ứng viên có thể được chọn theo tập hợp thay thế giữa chúng hoặc ảnh có thể được xử lý bằng cách sử dụng (ví dụ) các kỹ thuật tìm kiếm tổng thể. Vì vậy, như được sử dụng trong bản mô tả này, việc mô tả theo kỹ thuật RANSAC phải được hiểu theo nghĩa rộng để bao gồm các kỹ thuật khớp điểm tương tự.

Các chức năng bổ sung của hệ thống và phương pháp này có thể được đề xuất. Các chức năng này bao gồm hỗ trợ cực tính hỗn hợp, tính tự động chiều rộng vùng chiếu, hỗ trợ tìm đường thẳng đa góc nhìn, và cho phép ảnh đầu vào không có các sọc để loại trừ sự méo quang học. Các chức năng này còn được mô tả dưới đây.

Theo các ví dụ trên các hình vẽ từ Fig.14 đến Fig.16, hệ thống và phương pháp tìm đường thẳng theo phương án minh họa nói chung hỗ trợ tiêu chuẩn LightToDark, DarkToLight và các thiết lập cực tính khác "Either" (tương ứng) đối với độ tương phản giữa các biên được tìm thấy. Ngoài ra, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể còn hỗ trợ thiết lập cực tính hỗn hợp (Fig.17) trong đó cả hai đặc tính Light-To-Dark

(Sáng sang tối) và Dark-to-Light (Tối sang sáng) xuất hiện trong cùng một đường thẳng. Các kết quả tìm đường thẳng của tất cả bốn thiết lập được minh họa trên hình vẽ tiếp theo. Theo phương án minh họa, hệ thống và phương pháp có thể bao gồm bước thiết lập cực tính hỗn hợp mà cho phép tìm một đường thẳng duy nhất mà chứa các điểm biên của các điểm cực đối ngược. Điều này khác với thiết lập thông thường của cực tính "Either" trong đó tất cả các điểm biên của một đường thẳng duy nhất có cực tính là tùy chọn một trong hai cực tính, nhưng chỉ là một cực tính. Việc thiết lập cực tính hỗn hợp có thể có lợi khi được sử dụng để phân tích các bản kiểm chọn sáng và tối (ví dụ) của bản hiệu chuẩn, trong số các ứng dụng khác.

Người dùng có thể chọn tính bất dịch chuyển được cải thiện của việc tìm đường thẳng. Trong trường hợp như vậy, bộ trích điểm biên sử dụng về cơ bản các vùng chiếu chồng lấn để cải thiện tính ổn định kết quả. Khi các vùng là không chồng lấn, các điểm ảnh khi xét đến có thể có khả năng dịch chuyển ra ngoài các vùng chiếu khi ảnh được dịch chuyển, dẫn đến tính bất dịch chuyển kém trong các kết quả tìm đường thẳng. Các vùng chiếu chồng lấn đảm bảo rằng các điểm ảnh được xét đến được phủ liên tục bởi các vùng chiếu. Nếu các vùng chiếu chồng lấn được sử dụng thì việc tính toán gia tăng có thể được thực hiện để duy trì tốc độ, cùng với sự tối ưu mức thấp có thể.

Người dùng có thể tạo ra các mặt nạ mà loại bỏ các phần nhất định của ảnh thu được và/hoặc bề mặt được chụp ảnh ra khỏi quá trình phân tích đối với các dấu hiệu đường thẳng. Điều này có thể được mong muốn khi bề mặt bao gồm các dấu hiệu đường thẳng đã biết mà không cần quan tâm (ví dụ các mã vạch được phân tích bằng các cơ chế khác, dòng văn bản, và các cấu trúc bất kỳ khác mà không thích hợp với nhiệm vụ để tìm thấy các đường thẳng. Vì vậy, bộ trích điểm biên có thể hỗ trợ việc tạo mặt nạ ảnh trong đó các vùng "don't care" (không cần quan tâm) trong ảnh có thể được dấu, và các vùng "care" (các vùng cần quan tâm) được giữ lại. Trong trường hợp có tạo mặt nạ như vậy, các điểm số bao phủ của các đường thẳng tìm thấy, theo cách minh họa, được tạo lại trọng số theo số lượng các điểm biên nằm trong vùng mặt nạ.

Như được thể hiện cho vùng ảnh 1800 làm ví dụ trên Fig.18, vùng này thể hiện các điểm số bao phủ khi các mặt nạ có mặt và ảnh hưởng của việc tạo mặt nạ ảnh đến

các điểm số bao phủ như vậy. Bộ trích điểm biên hỗ trợ việc tạo mặt nạ ảnh trong đó “các vùng không cần quan tâm” trong ảnh có thể được che khuất. Như được thể hiện, đường thẳng tìm thấy 1810 được đặc trưng (dựa vào các vùng mặt nạ “quan tâm” 1820) bởi các điểm biên quan tâm. Các điểm biên quan tâm như vậy gồm có các điểm không nhiều điểm biên quan tâm 1830 đến đường thẳng 1810 và các điểm nhiều điểm biên quan tâm 1840 đến đường thẳng 1810. Các điểm biên không quan tâm 1850 trên đường thẳng 1810 nằm giữa các vùng quan tâm 1820 của mặt nạ, như được thể hiện ở ví dụ này, và không được bao gồm trong quá trình tính điểm số bao phủ, ngay cả khi chúng nằm trên đường thẳng như là các điểm không nhiều. Các vị trí tiềm năng 1860 đối với các điểm biên dọc theo đường thẳng 1810 cũng được xác định, như được thể hiện. Các vị trí tiềm năng này được định vị giữa các điểm đã biết với khoảng cách dự báo được dựa vào khoảng cách của các điểm tìm thấy. Nhằm minh họa, các điểm số bao phủ của các đường thẳng tìm thấy được tạo lại trọng số theo số lượng các điểm biên nằm trong mặt nạ. Vì vậy, điểm số bao phủ được sửa đổi như sau:

điểm số bao phủ = số điểm không nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng / (số các điểm không nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng + các điểm nhiều điểm biên quan tâm đến đường thẳng + số các vị trí tiềm năng quan tâm của các điểm biên).

Sau khi thực hiện quá trình xử lý tìm đường thẳng theo hệ thống và phương pháp này, các đường thẳng tìm thấy có thể được phân loại theo nhiều cách khác nhau dựa vào tiêu chí phân loại được chỉ định bởi người dùng (thông qua (ví dụ) GUI). Người dùng có thể chọn trong số các cách phân loại sẵn có như điểm số bao phủ không nhiều, mật độ hoặc độ tương phản. Người dùng còn có thể chọn trong số các cách phân loại chưa sẵn có như khoảng cách được đánh dấu hoặc góc tương đối. Khi sử dụng các cách phân loại chưa sẵn có, người dùng có thể chỉ định phân đoạn đường thẳng tham chiếu theo đó các cách sắp xếp chưa sẵn có cho các đường thẳng tìm thấy sẽ được tính.

Nói chung, như mô tả trên đây, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể gồm sự quá tải Multi-Field-of-View (MFOV) (đa trường quan sát), trong đó vectơ của các ảnh từ các trường quan sát khác nhau có thể được chuyển vào quá trình xử lý này. Các ảnh phải là các ảnh thuộc không gian tọa độ khách chung dựa vào hiệu chuẩn.

Như lưu ý trên đây, tính chức năng này có thể cực kỳ hữu ích trong các kịch bản ứng dụng trong đó nhiều camera được sử dụng để chụp ảnh các vùng riêng phần của một chi tiết đơn. Bởi vì các điểm biên giữ thông tin gradien, các dấu hiệu đường thẳng mà được chiếu giữa các khe trong trường quan sát có thể vẫn được phân giải (khi các gradien ở cả hai FOV so khớp đối với sự định hướng và căn chỉnh đường thẳng đã cho trong mỗi FOV).

Lưu ý là, hệ thống và phương pháp này không đòi hỏi (cho phép ảnh không có mặt) loại bỏ vân sọc (nghĩa là không đòi hỏi ảnh phải được loại bỏ vân sọc) để loại bỏ sự méo phi tuyến, giả định sự méo là không nghiêm trọng. Trong trường hợp ảnh chưa được loại bỏ vân sọc, hệ thống và phương pháp theo sáng chế có thể vẫn phát hiện các điểm biên ứng viên, và ánh xạ các vị trí điểm và các vector gradien thông qua chuyển đổi phi tuyến.

Giao diện huấn luyện gắn nhãn đường thẳng và quy trình xử lý chạy thực

Lại dựa trên Fig.1, (bộ) xử lý hệ thống quan sát 130 còn bao gồm giao diện nhãn và phần (bộ) xử lý được kết hợp 136 được sử dụng trong huấn luyện và chạy thực như được mô tả dưới đây. Ngoài ra, (bộ) xử lý hệ thống quan sát bao gồm, hoặc tạo giao diện với, mạng nơron, bộ phân loại thống kê và/hoặc phần (bộ) xử lý lân cận gần nhất K (bộ phân loại K-NN) 138, mà thu dữ liệu ảnh và các bộ phân loại được liên kết từ phần (bộ) xử lý 137, mà tạo giao diện với phần xử lý nhãn 136, như được mô tả dưới đây. Phần (bộ) xử lý giao diện nhãn 136 hoạt động tại thời điểm huấn luyện để cho phép người dùng liên kết các phần mô tả cụ thể (điển hình là văn bản/có cả chữ và số) (sau đây được gọi là “các nhãn” hoặc “các thẻ”), với các đường thẳng quan tâm trong ảnh của đối tượng. Các phần (bộ) xử lý này nâng cao tính chức năng của công cụ tìm đường thẳng được mô tả trên đây bằng cách cung cấp khả năng bổ sung để gắn nhãn tự động các đường thẳng được tìm thấy trong các kết quả công cụ.

Dựa trên Fig.19, mà thể hiện quy trình xử lý 1900 để huấn luyện quá trình tìm đường thẳng, chẳng hạn như được mô tả trên đây. Quy trình huấn luyện 1900 bao gồm các nhãn được cung cấp bởi người dùng (điển hình ở dạng văn bản và/hoặc có cả chữ và số) đối với các đường thẳng quan tâm. Trong bước 1910, người dùng xem xét ảnh

huấn luyện của đối tượng mà đặc trưng là ảnh thực tế của đối tượng mô hình, nhưng có thể cũng được tạo ra một phần hoặc toàn bộ bởi CAD hoặc phương pháp tổng hợp khác. Người dùng nhận dạng các đường thẳng trong ảnh quan tâm, ví dụ biên của kính bảo vệ trong máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh. Các nhãn chẳng hạn như, “biên bên trong chứa bên trong (Inner Housing Inner Edge)”, “biên bên trong chứa bên ngoài (Outer Housing Inner Edge)”, v.v. có thể được tạo ra để mô tả các đường thẳng quan tâm. Người dùng truy cập (từ danh sách các nhãn khả dụng) hoặc tạo ra chuỗi các thuật ngữ mà xác định các đường thẳng và chúng được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu để sử dụng trong huấn luyện ảnh (bước 1920).

Người dùng thu nhận hoặc truy cập một hoặc nhiều ảnh huấn luyện của đối tượng dưới sự kiểm tra bởi hệ thống quan sát, và vận hành phần (bộ) xử lý huấn luyện trên đó (bước 1930). Quy trình huấn luyện bao gồm việc vận hành công cụ tìm đường thẳng được mô tả trên đây. Công cụ sử dụng các thông số được thiết đặt bởi người dùng để tự động tìm nhiều đường thẳng trong mỗi ảnh huấn luyện.

Tham chiếu đến Fig.20, màn hình hiển thị giao diện người dùng 2000 được thể hiện. Màn hình hiển thị 2000 chứa một cửa sổ 2010 mà mô tả ảnh huấn luyện của đối tượng dưới sự kiểm tra bởi hệ thống quan sát. Ảnh chứa chuỗi các đường thẳng được tìm thấy, thường được biểu thị bởi các dấu hiệu phân biệt được làm nổi bật 2020, 2022, 2024, 2026, 2028 và 2029. Sự hiển thị nổi bật (thường có màu sắc khác) của đường thẳng đặc biệt quan tâm 2032, “biên bên trong chứa bên trong” làm ví dụ như được mô tả dưới đây mà đã được nhấp chọn hoặc được gắn cờ bởi người dùng, để gắn nhãn. Dấu hiệu phân biệt 2022-2026 liên quan đến các đường thẳng không quan tâm/liên quan cụ thể với nhiệm vụ của hệ thống quan sát và/hoặc không được nhấp chọn. Thông thường, một “đường thẳng” như được xác định trong bản mô tả này cần thiết là biên bước tuyến tính trong ảnh, trong đó bộ tìm đường thẳng trả lại đường thẳng toán học mà được làm khớp làm kết quả. Trong trường hợp của phần tử 2030 (mà cũng là biên liên quan đến nhiệm vụ và sẽ được gắn nhãn bởi người dùng trong khoảng thời gian huấn luyện), hai biên bước được liên kết (xem 2028 và 2029) được mô tả trên phía còn lại của nó.

Người dùng, truy cập trình đơn 2040 mà bao gồm các nhãn được xác định 2042, 2044, 2046 và 2048. Người dùng có thể nhấp chọn nhãn mong muốn sử dụng con trỏ 2050 hoặc thành phần giao diện khác, và sau đó nhấp chọn đường thẳng quan tâm được tìm thấy (đường thẳng 2030) để thiết lập nhãn trên đường thẳng cụ thể đó (bước 1940). Chú ý rằng không cần phải gắn nhãn tất cả các đường thẳng được tìm thấy, nhưng chỉ các đường thẳng liên quan theo mong muốn của người dùng. Nếu một hoặc nhiều đường thẳng liên quan bị thiếu trên ảnh, thì sau đó nhãn được liên kết với đường thẳng đó duy trì không được gắn.

Sau khi gắn nhãn các kết quả đường thẳng của tập hợp ảnh huấn luyện, công cụ được huấn luyện và dữ liệu đó được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu thích hợp đối với đối tượng/nhiệm vụ của hệ thống quan sát (bước 1950). Sau đó, khi công cụ được huấn luyện được chạy trên các ảnh, công cụ này sẽ không chỉ tìm nhiều đường thẳng, mà nó cũng sẽ tự động gắn tới mỗi đường thẳng được tìm thấy một nhãn duy nhất (hoặc có thể không có nhãn nếu một đường thẳng được tìm thấy không liên quan đến ứng dụng của người dùng). Điều này giúp người dùng không phải hậu xử lý các kết quả đường thẳng (ví dụ trong mã chữ viết) để xác định danh tính mỗi đường thẳng được tìm thấy.

Theo bước (tùy chọn) 1960, các đường thẳng được nhận dạng (được gắn nhãn) có thể được cung cấp cho công cụ mạng nơron để xử lý và cho điểm của các dấu hiệu đường thẳng của ảnh trong khoảng thời gian chạy thực. Các thông số được cung cấp cho mạng nơron bên ngoài giao diện huấn luyện được cung cấp cho người dùng, và có thể được lập trình trước, ví dụ các thông số được tối ưu hóa để tìm kiếm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh. Do đó, người dùng chỉ có trách nhiệm gắn các nhãn văn bản cho các kết quả bộ tìm kiếm đường thẳng tại thời điểm huấn luyện. Mạng nơron (hoặc phần xử lý khác được mô tả chung dưới đây) được sử dụng để cho điểm theo xác suất các dấu hiệu đường thẳng ứng viên mà được trả về bởi công cụ tìm đường thẳng được mô tả trên đây. Cụ thể hơn là, tại thời điểm huấn luyện, mỗi khi các đường thẳng được tìm thấy của sổ huấn luyện 2010, và người dùng lựa chọn tên cho các đường thẳng người đó muốn gắn nhãn, bộ phân loại mạng nơron cũng được tạo ra cho mỗi trong số các đường thẳng được gắn nhãn này. Bộ phân loại có thể sử dụng cùng tên (hoặc tương tự) với các nhãn mà người dùng đã xác định và áp dụng trong giao diện huấn luyện

2000. Ví dụ, nếu người dùng lựa chọn đường thẳng và gắn nhãn “biên bên trong chứa bên trong” thì sau đó quy trình tạo ra bộ phân loại có cùng tên, và bổ sung vào ảnh hiện tại với vector dấu hiệu đường thẳng tới bộ phân loại.

Sự đa dạng về các công cụ mạng nơron có sẵn trên phương diện thương mại có thể được sử dụng, với chương trình thích hợp được tùy biến hoặc theo giải pháp kỹ thuật đã biết, để trích xuất các ứng viên dấu hiệu đường thẳng từ trong ảnh đầu vào. Cũng cần phải rõ ràng rằng quy trình tìm đường thẳng được mô tả trên đây được lấy làm ví dụ cho sự đa dạng các công cụ tìm đường thẳng và các kỹ thuật mà phân phối các đường thẳng được tìm thấy từ ảnh.

Dựa trên quy trình chạy thực 2100 trên Fig.21 trong đó ảnh thời gian chạy của đối tượng được thu và/hoặc được cung cấp từ quy trình thu nhận trước đó (bước 2110). Ảnh này được đưa qua hệ thống quan sát và bộ xử lý được kết hợp 130, mà vận hành công cụ tìm đường thẳng 134 được mô tả trên đây dựa trên mô hình được huấn luyện, bao gồm các nhãn liên quan (bước 2120). Công cụ tìm đường thẳng trả về tất cả các đường thẳng được tìm thấy, cả đường thẳng được gắn nhãn và đường thẳng không được gắn nhãn. Tiếp theo, trong bước 2130, các mạng nơron (hoặc các quy trình khác sử dụng các bộ phân loại được mô tả dưới đây) được tạo ra tại thời điểm huấn luyện được chạy, và ánh xạ điểm số xác suất thu được. Ánh xạ điểm số xác suất là ánh xạ xem điểm ảnh có tương ứng với vector đặc tính mà ở đó mạng nơron đã được huấn luyện hay không. Ánh xạ điểm số xác suất này có kích cỡ giống như ảnh. Sau đó mỗi đường thẳng được tìm thấy được lấy mẫu tại các khoảng thời gian đều nhau, và điểm số xác suất được kết hợp cho mỗi công cụ từ ánh xạ điểm số. Trong bước 2140, các nhãn sau đó được gắn cho các đường thẳng mà dựa trên đó đường thẳng có điểm số xác suất lớn nhất đối với mỗi nhãn. Trong bước 2150, các kết quả của bước tìm đường thẳng, với nhãn được kết hợp và điểm số xác suất được lưu trữ và được hiển thị cho người dùng, và/hoặc được sử dụng cho các nhiệm vụ sử dụng phía cuối khác, chẳng hạn như kiểm tra chi tiết (đạt/không đạt), điều khiển rô-bốt, v.v..

Fig.22 thể hiện sự hiển thị của các kết quả thời gian chạy trên đối tượng thời gian chạy mẫu (dựa trên đối tượng huấn luyện trên Fig.20) trong đó đường thẳng liên

quan (biên bước) 2210 được làm nổi bật. Các đường thẳng liên quan bổ sung (ví dụ phần nổi bật bên dưới 2228 quanh đặc tính tuyến tính 2310) được mô tả, và tương ứng với các đường thẳng quan tâm khác mà được huấn luyện trong bước huấn luyện. Một số đường thẳng không liên quan cũng được làm nổi bật (2220, 2222, 2224). Người dùng đã nhấp chọn một trong số các đường thẳng không liên quan (phần nổi bật 2220), mà mô tả “không có thể” trong cửa sổ thông tin tương ứng 2230 của nó, và thể hiện điểm số xác suất tương ứng bằng không. Ngược lại, trên Fig.23, màn hình 2300, mà thể hiện các kết quả giống nhau trên màn hình 2200 trên Fig.22, tạo ra hộp thông tin 2320 cho đường thẳng liên quan 2210 với nhãn “biên bên trong chứa bên trong”. Điều này thể hiện các dấu hiệu đường thẳng được gắn nhãn bởi người dùng từ thời điểm huấn luyện và điểm số xác suất của nó là 0,635, có nghĩa là khả năng đường thẳng được tìm thấy là đường thẳng được gắn nhãn đúng.

Bằng cách lấy ví dụ, bộ phân loại mạng nơron được mô tả trên đây thu ảnh (dữ liệu điểm ảnh) làm đầu vào cùng với các đặc tính xác định đoạn đường thẳng. Đầu ra của bộ phân loại mạng nơron là tập hợp các ảnh trong đó mỗi điểm ảnh trong một ảnh đơn là sự tin cậy xem rằng điểm ảnh đầu vào tương ứng có trùng với đoạn đường thẳng được huấn luyện hay không. Số lượng các ảnh đầu ra giống với số lượng các đoạn đường thẳng mà trên đó bộ phân loại đã được huấn luyện. Các ảnh đầu ra mong muốn rằng mạng được huấn luyện để tái tạo có thể là sự thể hiện nhị phân hoặc thang đo xám của sự phân phối xác suất theo không gian, các đỉnh hẹp có xác suất cao tương ứng với các biên gradient cao của đường thẳng hoặc mẫu được huấn luyện khác. Tại khoảng thời gian chạy thực, bộ phân loại thu ảnh đầu vào và tạo tập hợp các ảnh đầu ra làm nổi bật các vùng trong đó mạng nơron kết luận rằng đoạn đường thẳng được huấn luyện có thể được liên kết với nhãn/thể hiện tại.

Để thay thế, bộ phân loại có thể được huấn luyện theo cách thống kê. Các đầu vào tới bộ phân loại được huấn luyện theo cách thống kê này có thể được cung cấp làm vector dấu hiệu mà bao gồm các đặc tính đo của đoạn đường thẳng hiện tại (ví dụ cực, vị trí, góc, v.v..) cùng với các đặc tính đo mà mô tả mối tương quan giữa đoạn đường thẳng hiện tại và các đoạn đường thẳng lân cận của nó (ví dụ khoảng cách tới đường thẳng gần nhất, góc tương quan, v.v..) hoặc các đặc tính được tính toán của ảnh tại

vùng lân cận của đoạn đường thẳng (ví dụ phép chiếu ảnh mật độ 1D tiếp tuyến với đoạn đường thẳng, thống kê biểu đồ mật độ, v.v..). Theo đó, như được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ “bộ phân loại” có thể đề cập đến bộ phân loại mạng nơron hoặc bộ phân loại được huấn luyện theo cách thống kê mà tạo ra các nhãn. Thuật ngữ này cũng có thể đề cập đến bộ phân loại và/hoặc phân (bộ) xử lý lân cận gần nhất K (K-NN). Khi bộ phân loại thống kê và/hoặc bộ phân loại K-NN được sử dụng, đầu ra của các điểm số hoặc ánh xạ khả dụng có thể bị loại bỏ khỏi các quy trình 1900 và 2100, và không được cung cấp như một phần của sự hiển thị nhãn/thẻ trong giao diện. Tuy nhiên, các bộ phân loại này vẫn cho phép thuận lợi cho việc lọc của quy trình xử lý nhãn.

Kết luận

Rõ ràng rằng, bộ tìm đường thẳng được đề xuất theo hệ thống và phương pháp theo phương án này và các phương án sửa đổi/thay thế khác là công cụ hiệu quả và chắc chắn để xác định nhiều dấu hiệu đường thẳng trong nhiều điều kiện. Nói chung, khi được sử dụng để tìm các dấu hiệu đường thẳng, hệ thống và phương pháp này không bị giới hạn ở số lượng tối đa các đường thẳng cần tìm trong ảnh. Các đường thẳng được tìm thấy có thể được gán nhãn và được phân loại sao cho tính chính xác có thể của chúng có thể được xác định, nhờ đó làm tăng tính linh hoạt và tính chắc chắn của quá trình tìm đường thẳng.

Trên đây sáng chế đã được mô tả chi tiết theo các phương án nhằm minh họa sáng chế. Các phương án sửa đổi và bổ sung có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các dấu hiệu kỹ thuật ở mỗi phương án khác nhau được mô tả trên đây có thể được kết hợp với các dấu hiệu kỹ thuật của các phương án khác được mô tả theo cách thích hợp để tạo ra vô số các kết hợp dấu hiệu kỹ thuật theo phương án kết hợp mới. Ngoài ra, mặc dù trên đây mô tả một số phương án riêng biệt của công cụ và phương pháp của sáng chế hiện tại, nhưng những gì đã được mô tả trong bản mô tả này chỉ nhằm minh họa cho việc áp dụng các nguyên lý của sáng chế. Ví dụ, như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ “quá trình xử lý” và/hoặc “bộ xử lý” phải được hiểu theo nghĩa rộng là bao gồm nhiều chức năng và các thành

phần dựa trên phần cứng và/hoặc phần mềm điện tử (và có thể gọi theo cách khác là “các môđun” hoặc “các phần tử”). Ngoài ra, quá trình xử lý hoặc bộ xử lý được mô tả có thể được kết hợp với các quá trình xử lý và/hoặc bộ xử lý khác hoặc được chia thành các quá trình xử lý con hoặc các bộ xử lý con. Các quá trình xử lý con và/hoặc các bộ xử lý con như vậy có thể được kết hợp đa dạng theo các phương án trong bản mô tả này. Tương tự, cần hiểu rõ ràng rằng bất kỳ chức năng, quá trình xử lý và/hoặc bộ xử lý nào trong bản mô tả này đều có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần cứng, phần mềm điện tử gồm vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính có các lệnh chương trình, hoặc kết hợp của phần cứng và phần mềm. Ngoài ra, như được sử dụng trong bản mô tả này, các thuật ngữ mang tính định hướng và sắp xếp như “thẳng đứng”, “nằm ngang”, “hướng lên”, “hướng xuống”, “phía dưới”, “phía trên”, “phía bên”, “phía trước”, “phía sau”, “bên trái”, “bên phải” và dạng tương tự được sử dụng chỉ như là các quy ước tương đối và không là sự định hướng/sắp xếp mang tính tuyệt đối đối với không gian tọa độ cố định, như hướng tác động của trọng trường. Ngoài ra, khi thuật ngữ “về căn bản” hoặc “gần như” được sử dụng đối với phép đo, giá trị hoặc tính chất nhất định, thì nó chỉ mang tính định lượng trong khoảng vận hành thông thường để đạt được các kết quả mong muốn, mà không bao hàm nghĩa bất định do độ chính xác và sai số là vốn có trong các dung sai cho phép của hệ thống (ví dụ từ 1 đến 5 phần trăm). Theo đó, chúng cần được hiểu theo nghĩa là ví dụ và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống tìm kiếm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được dựa trên một hoặc nhiều camera bao gồm:

bộ xử lý hệ thống quan sát;

giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát, mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng;

phần xử lý tìm đường thẳng thời gian chạy mà định vị các đường thẳng trong ảnh thu được;

phần xử lý mạng nơron mà sử dụng các bộ phân loại, dựa trên các nhãn, để xác định ánh xạ xác suất cho các dấu hiệu đường thẳng liên quan đến các nhãn; và

phần xử lý tạo kết quả thời gian chạy mà cung cấp các nhãn và các điểm số xác suất dùng cho ít nhất một đường thẳng trong số các đường thẳng liên quan.

2. Hệ thống quan sát theo điểm 1, trong đó phần xử lý tạo kết quả thời gian chạy tạo ra các điểm số xác suất cho các đường thẳng không liên quan.

3. Hệ thống quan sát theo điểm 1, trong đó phần xử lý tạo kết quả bao gồm giao diện mà làm nổi bật các đường thẳng và tạo ra các điểm số xác suất được liên kết với các đường thẳng được làm nổi bật.

4. Hệ thống quan sát theo điểm 1, trong đó ánh xạ điểm số có thể có kích cỡ tương tự với ảnh được thu.

5. Hệ thống quan sát theo điểm 1, trong đó phần xử lý phân loại sử dụng ít nhất một trong số bộ phân loại mạng nơron và bộ phân loại được huấn luyện theo cách thống kê.

6. Hệ thống quan sát theo điểm 1, trong đó phần xử lý tìm đường thẳng bao gồm bộ xử lý mà thu dữ liệu ảnh của cảnh chụp chứa các dấu hiệu đường thẳng, có bộ trích điểm biên mà:

(a) tính trường vector gradien từ dữ liệu ảnh,

(b) chiếu trường vector gradien trên nhiều vùng con phép chiếu gradien, và

(c) tìm nhiều điểm biên tương ứng với các vùng con phép chiếu gradient dựa trên dữ liệu gradient được chiếu; và

bộ tìm đường thẳng tạo ra nhiều đường thẳng mà phù hợp với các điểm được trích xuất từ ảnh.

7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó bộ tìm đường thẳng vận hành quá trình xử lý dựa vào thuật toán đồng nhất mẫu ngẫu nhiên ((RANdom SAMple Consensus, RANSAC) để làm khớp các điểm biên không nhiều với các đường thẳng mới bao gồm xác định lặp lại các đường thẳng từ các điểm biên nhiều đối với các đường thẳng được xác định trước đó.

8. Hệ thống theo điểm 6, trong đó phép chiếu trường gradient được định hướng dọc theo một hướng được thiết lập để đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều hoặc các dấu hiệu đường thẳng.

9. Hệ thống theo điểm 6, trong đó phép chiếu trường gradient xác định độ chi tiết dựa trên nhân Gauss.

10. Hệ thống theo điểm 6, trong đó bộ trích xuất điểm biên được bố trí để tìm nhiều trị số cực đại của độ lớn gradient trong mỗi vùng con phép chiếu gradient, trong đó trị số cực đại của độ lớn gradient được nhận dạng tương ứng như một số điểm biên trong số các điểm biên, mà được mô tả bởi vector vị trí và vector gradient.

11. Hệ thống theo điểm 6, trong đó bộ tìm đường thẳng được bố trí để xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên của các điểm biên được trích xuất đó và ít nhất một đường thẳng ứng viên của các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính toán ma trận mà dựa trên khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ ít nhất một đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradient của ít nhất một điểm biên và hướng chuẩn của ít nhất một đường thẳng ứng viên.

12. Hệ thống tìm kiếm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được dựa trên một hoặc nhiều camera bao gồm:

bộ xử lý hệ thống quan sát;

giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát, mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng;

phần xử lý tìm đường thẳng thời gian chạy mà định vị các đường thẳng trong ảnh thu được; và

bộ phân loại thống kê mà tạo ra các nhãn cho giao diện dựa trên các đường thẳng được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng.

13. Hệ thống tìm kiếm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được dựa trên một hoặc nhiều camera bao gồm:

bộ xử lý hệ thống quan sát;

giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát, mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng;

phần xử lý tìm đường thẳng thời gian chạy mà định vị các đường thẳng trong ảnh thu được; và

bộ phân loại K-NN mà tạo ra các nhãn cho giao diện dựa trên các đường thẳng được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng.

14. Phương pháp tìm các dấu hiệu đường thẳng trong ảnh thu được, dựa trên một hoặc nhiều camera, bao gồm các bước:

cung cấp giao diện được liên kết với bộ xử lý hệ thống quan sát mà cho phép tạo ra các nhãn riêng rẽ đối với các đường thẳng liên quan được định vị bởi quá trình tìm đường thẳng trong ảnh huấn luyện của đối tượng;

định vị, nhờ quá trình tìm đường thẳng thời gian chạy, các đường thẳng được tìm thấy trong ảnh thu được; và

tạo ra, nhờ bộ phân loại, các nhãn dùng cho ít nhất một đường thẳng trong số các đường thẳng liên quan được tìm thấy.

15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó các bộ phân loại bao gồm ít nhất một bộ phân loại mạng nơron, và phương pháp này còn bao gồm bước sử dụng ít nhất một bộ phân loại mạng nơron mà, dựa trên các nhãn, xác định ánh xạ xác suất cho các dấu

hiệu đường thẳng được tìm thấy liên quan đến các nhãn, và tạo ra các điểm số xác suất cho các đường thẳng không liên quan được tìm thấy.

16. Phương pháp theo điểm 15, trong đó bước tạo bao gồm bước làm nổi bật, trong giao diện, các đường thẳng được tìm thấy và cung cấp các điểm số xác suất được liên kết với các đường thẳng được làm nổi bật.

17. Phương pháp theo điểm 14, trong đó các bộ phân loại là ít nhất một trong số các bộ phân loại mạng nơron, các bộ phân loại được huấn luyện theo cách thống kê và các bộ phân loại K-NN.

18. Phương pháp theo điểm 14, trong đó quá trình tìm đường thẳng thu dữ liệu ảnh của cảnh chụp chứa các dấu hiệu đường thẳng, có bộ trích điểm biên mà:

- (a) tính trường vector gradient từ dữ liệu ảnh,
 - (b) chiếu trường vector gradient trên nhiều vùng con phép chiếu gradient, và
 - (c) tìm nhiều điểm biên tương ứng với các vùng con phép chiếu gradient dựa trên dữ liệu gradient được chiếu; và
- tính nhiều đường thẳng phù hợp với các điểm biên được trích xuất từ ảnh.

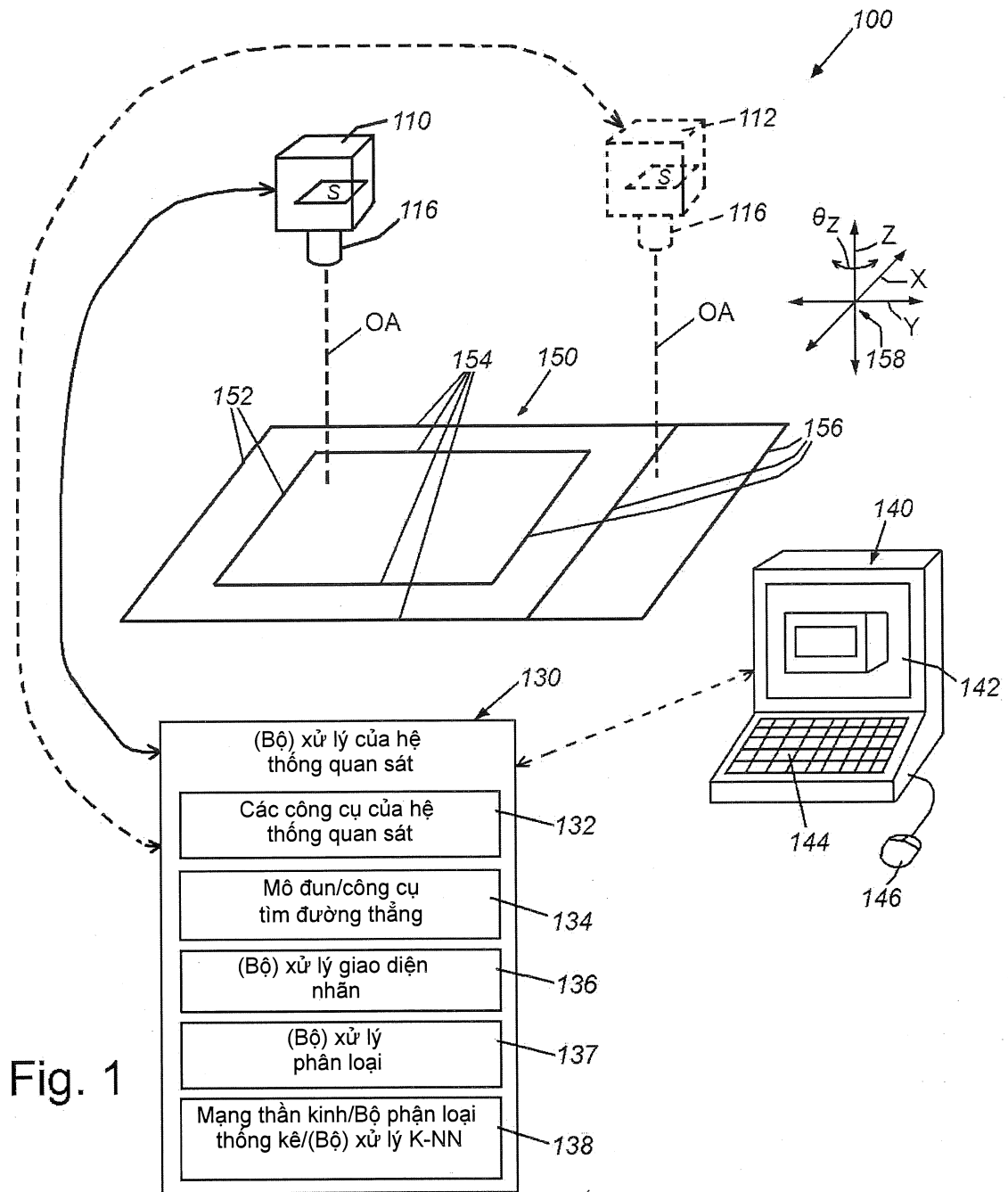
19. Phương pháp theo điểm 18, trong đó bước tính thực hiện quá trình dựa trên thuật toán RANSAC để làm khớp các điểm biên không nhiễu với các đường thẳng mới bao gồm xác định lặp lại các đường thẳng từ các điểm biên có nhiều đối với các đường thẳng được xác định trước đó.

20. Phương pháp theo điểm 18, trong đó phép chiếu trường gradient được định hướng dọc theo một hướng được thiết lập để đáp lại sự định hướng mong muốn của một hoặc nhiều dấu hiệu đường thẳng.

21. Phương pháp theo điểm 18, trong đó bộ trích điểm biên tìm nhiều trị số cực đại của độ lớn gradient trong mỗi vùng con phép chiếu gradient, trong đó trị số cực đại của độ lớn gradient được nhận dạng tương ứng như một số điểm biên trong số các điểm biên, mà được mô tả bởi vector vị trí và vector gradient.

22. Phương pháp theo điểm 18, trong đó bộ tìm đường thẳng xác định tính nhất quán giữa ít nhất một điểm biên của các điểm biên được trích xuất đó và ít nhất một đường thẳng ứng viên của các đường thẳng được tìm thấy bằng cách tính toán ma trận mà dựa trên khoảng cách của ít nhất một điểm biên từ ít nhất một đường thẳng ứng viên và độ chênh lệch góc giữa hướng gradient của ít nhất một điểm biên và hướng chuẩn của ít nhất một đường thẳng ứng viên.

1/14



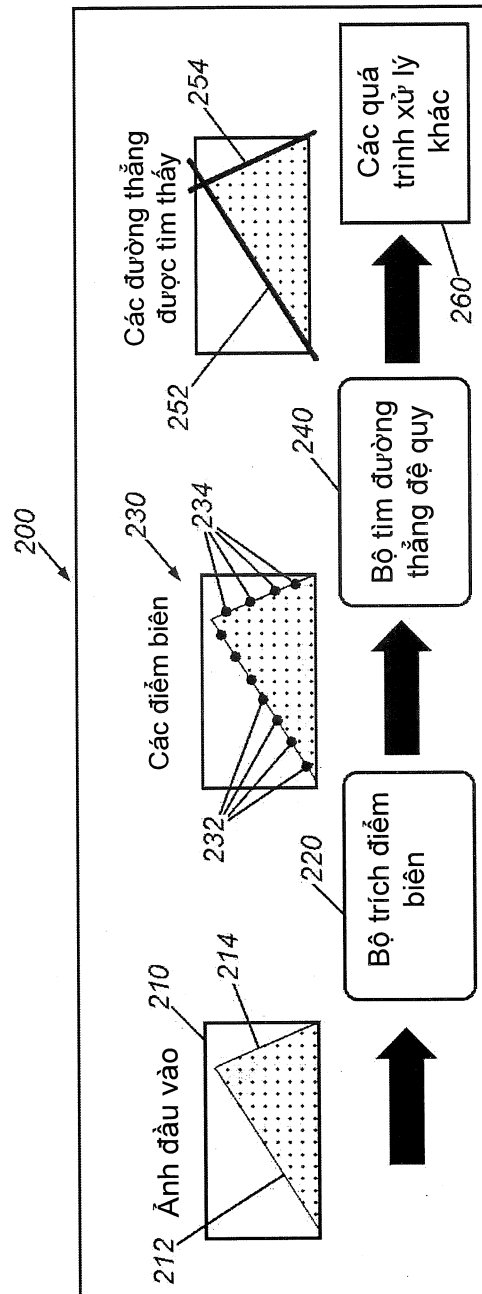


Fig. 2

3/14

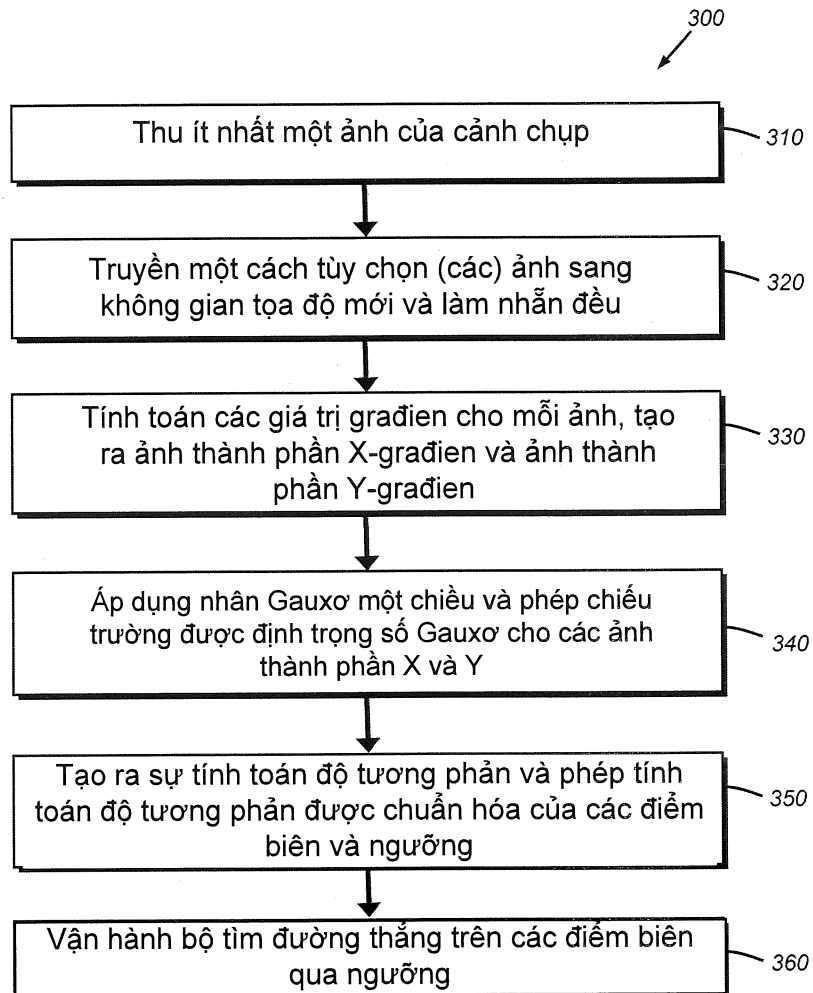


Fig. 3

4/14

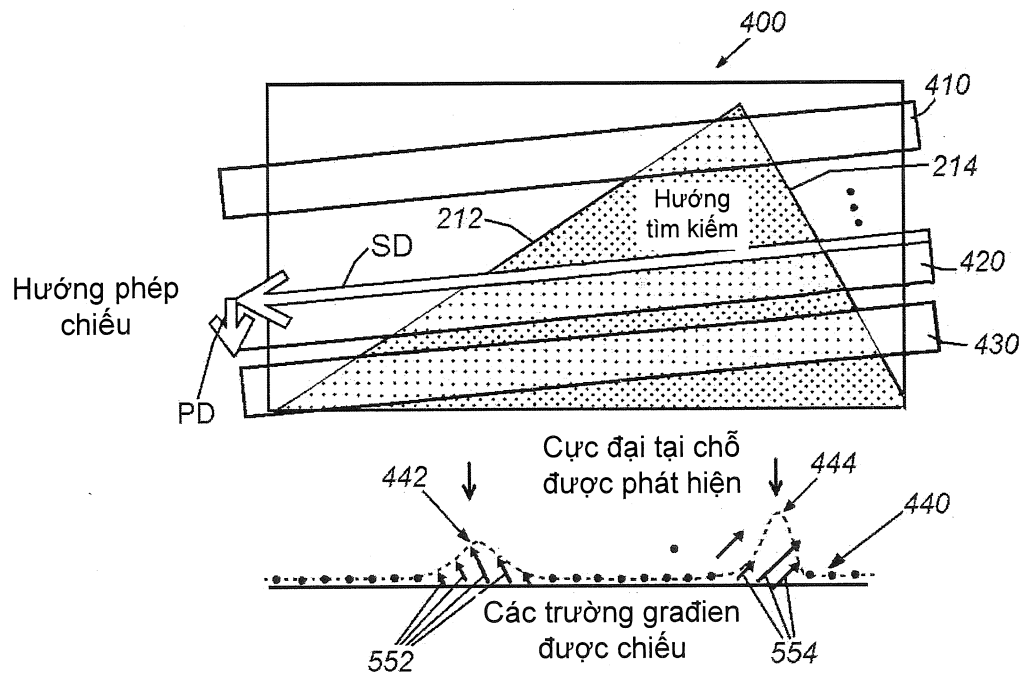


Fig. 4

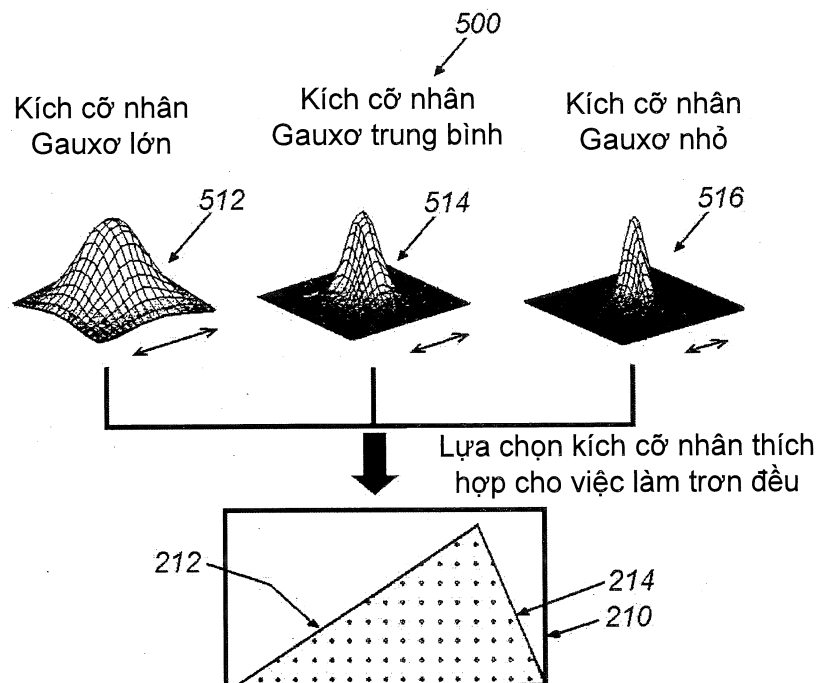


Fig. 5

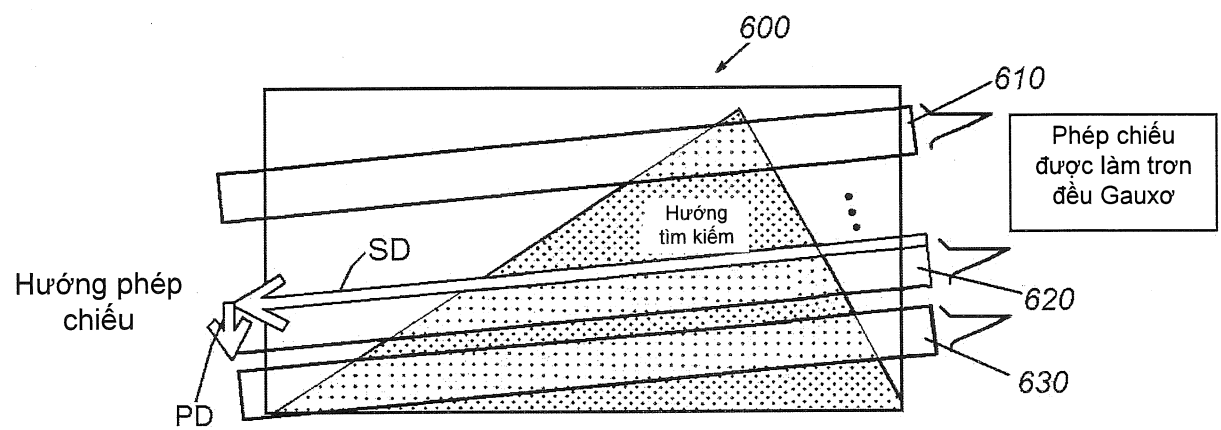


Fig. 6

6/14

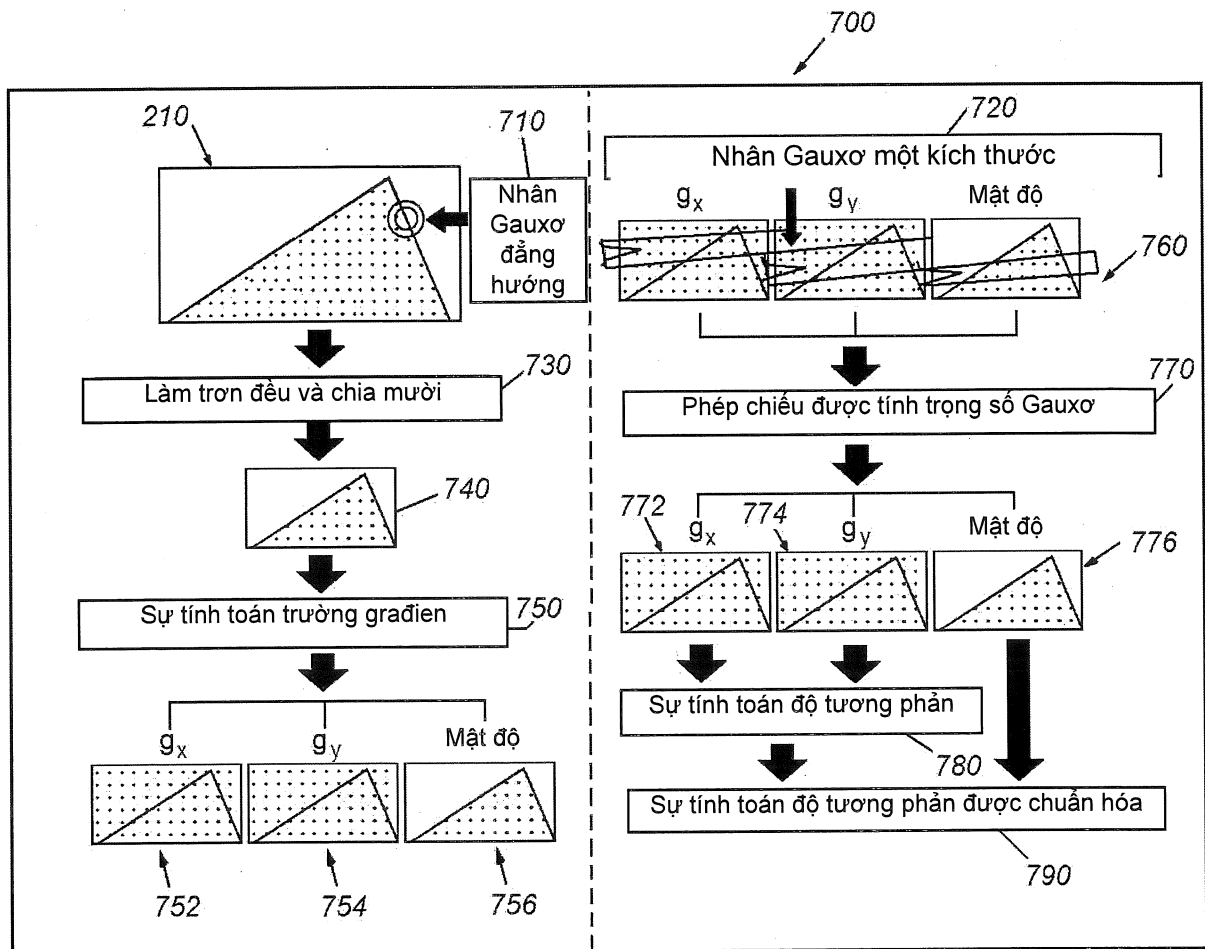


Fig. 7

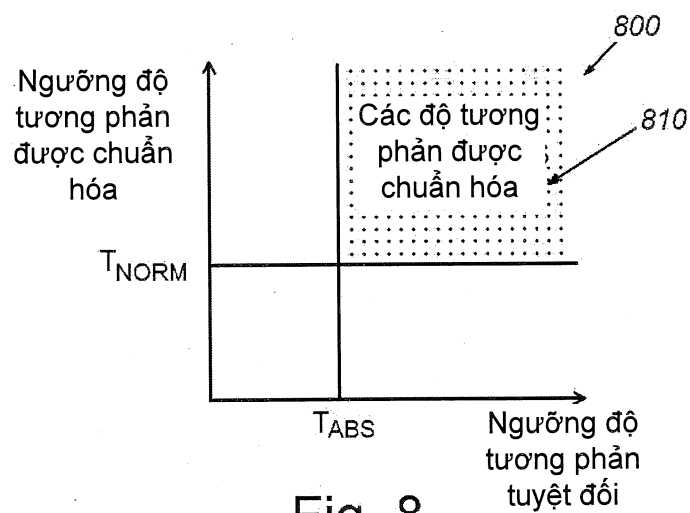


Fig. 8

7/14

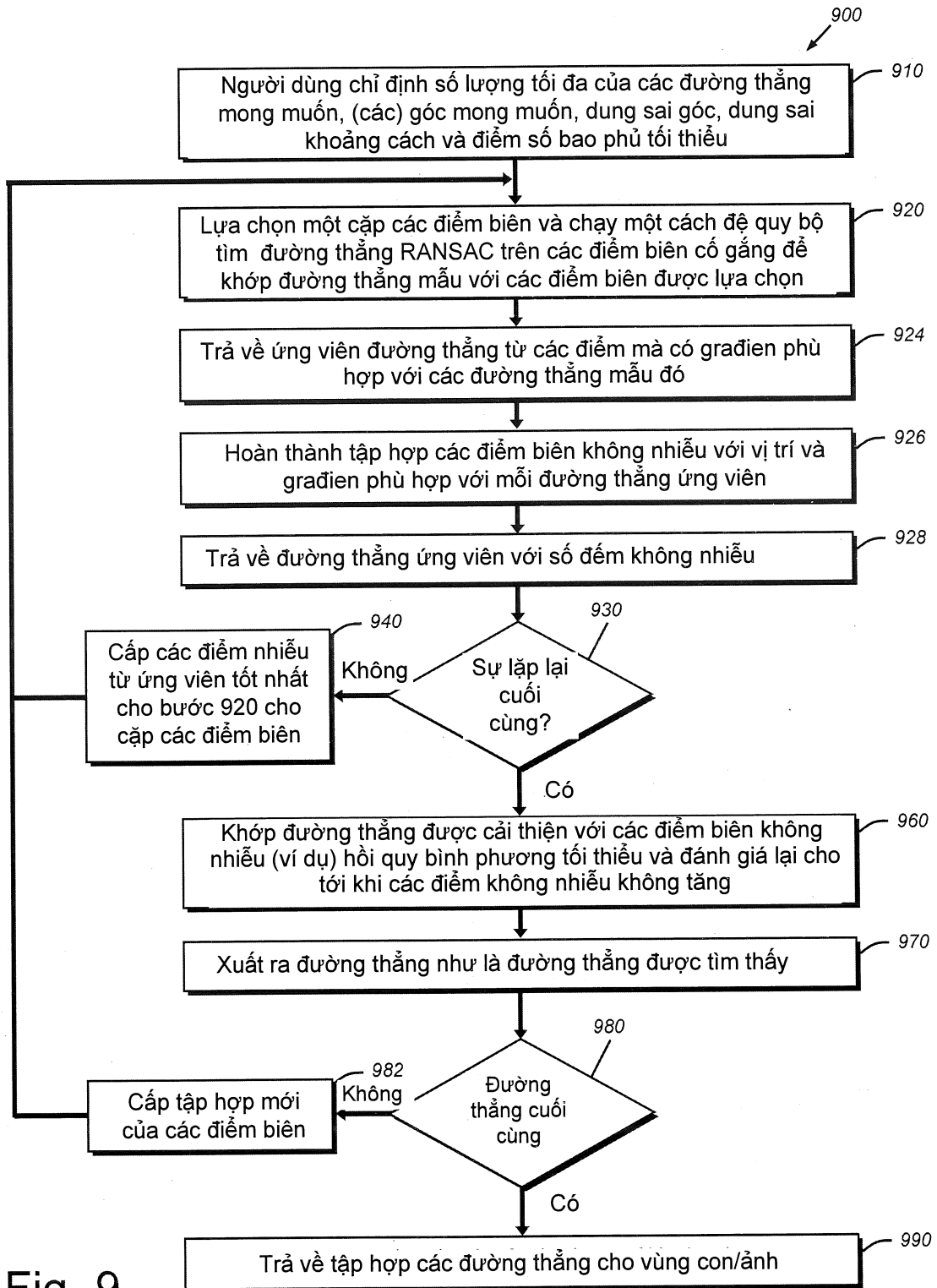


Fig. 9

8/14

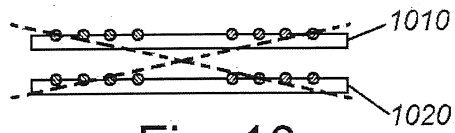


Fig. 10

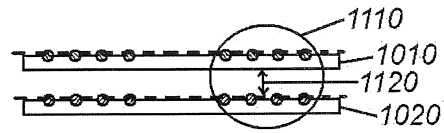


Fig. 11

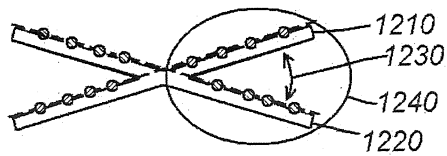


Fig. 12

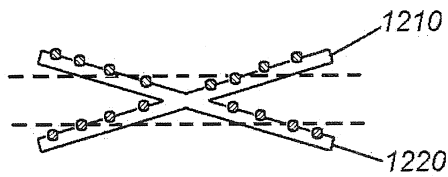


Fig. 13

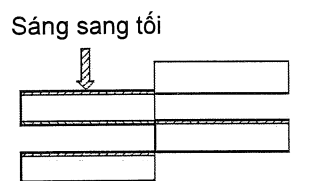


Fig. 14

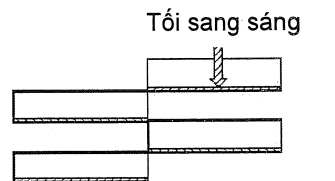


Fig. 15

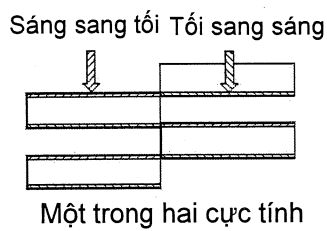


Fig. 16

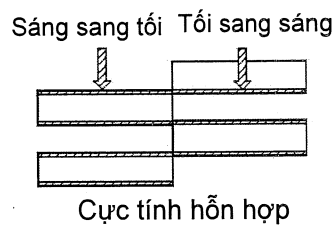


Fig. 17

10/14

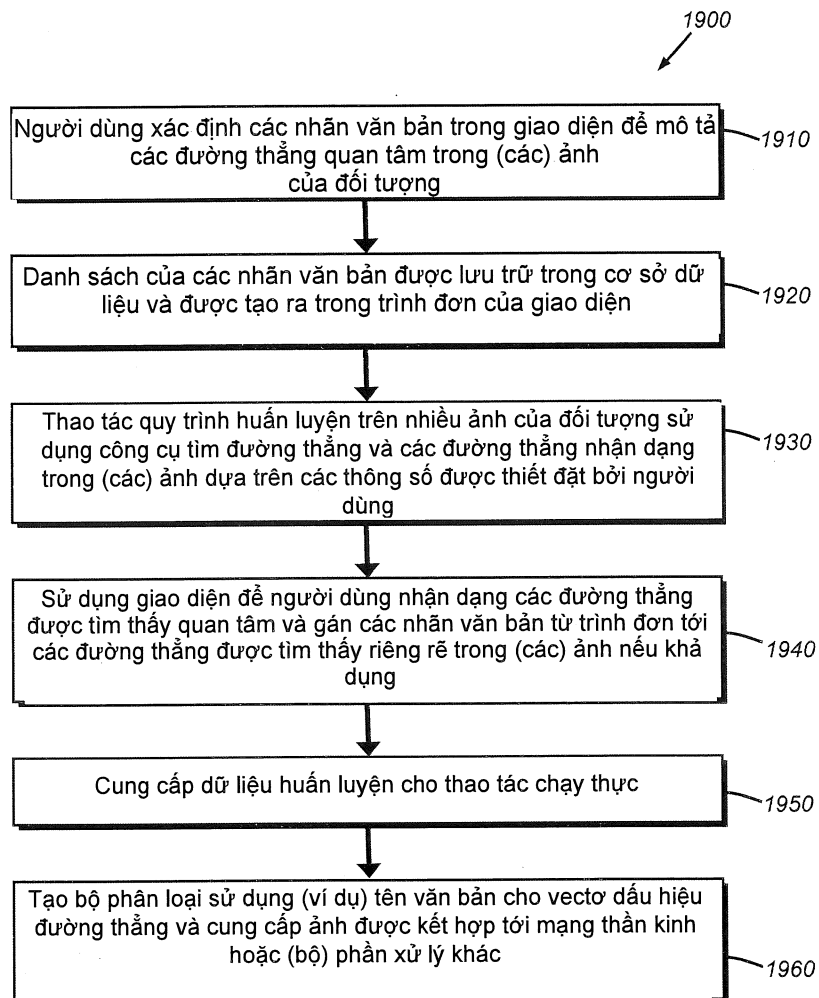


Fig. 19

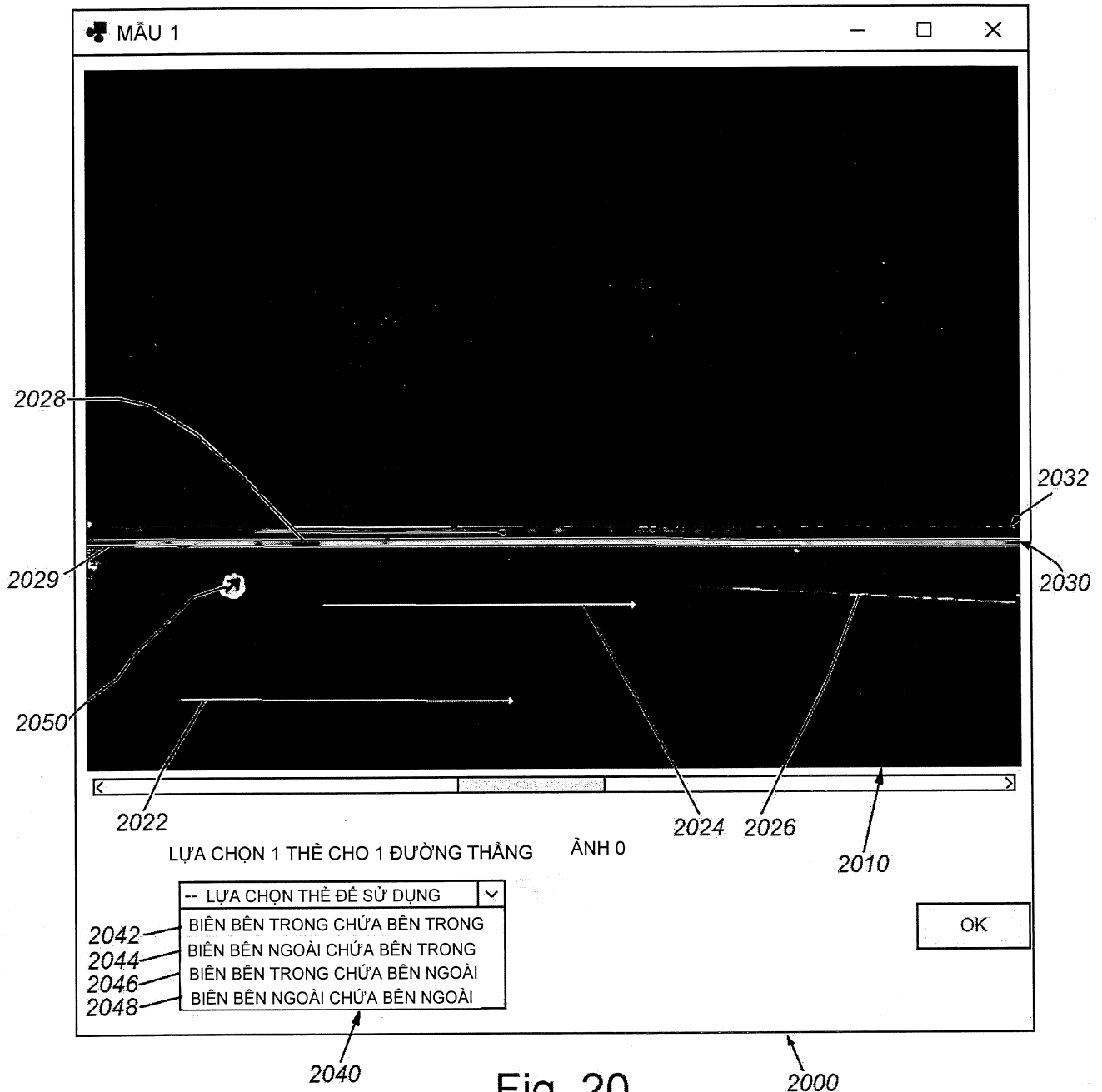


Fig. 20

12/14

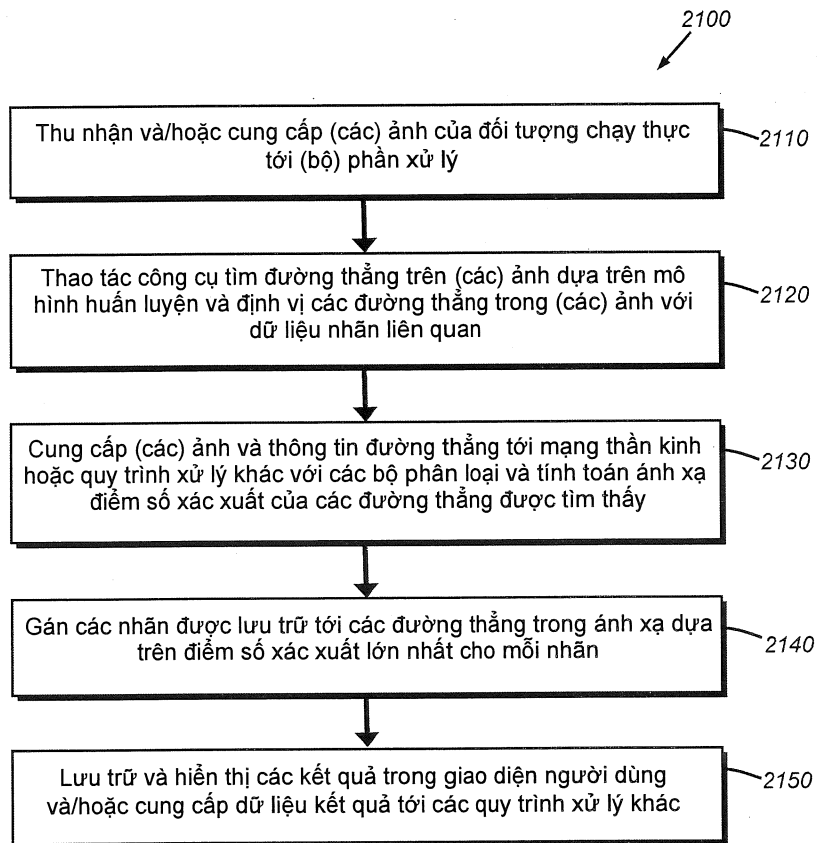


Fig. 21

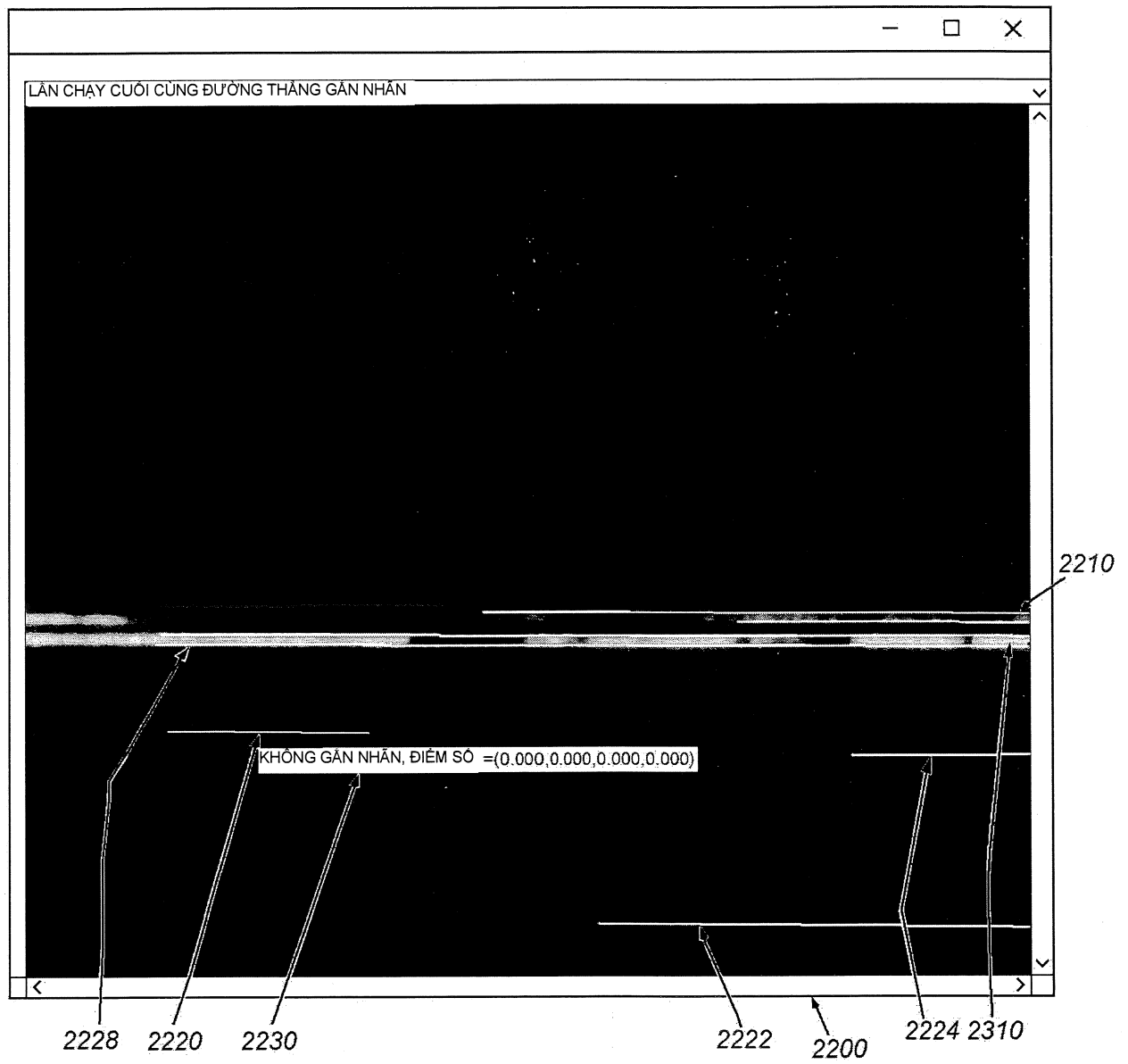


Fig. 22

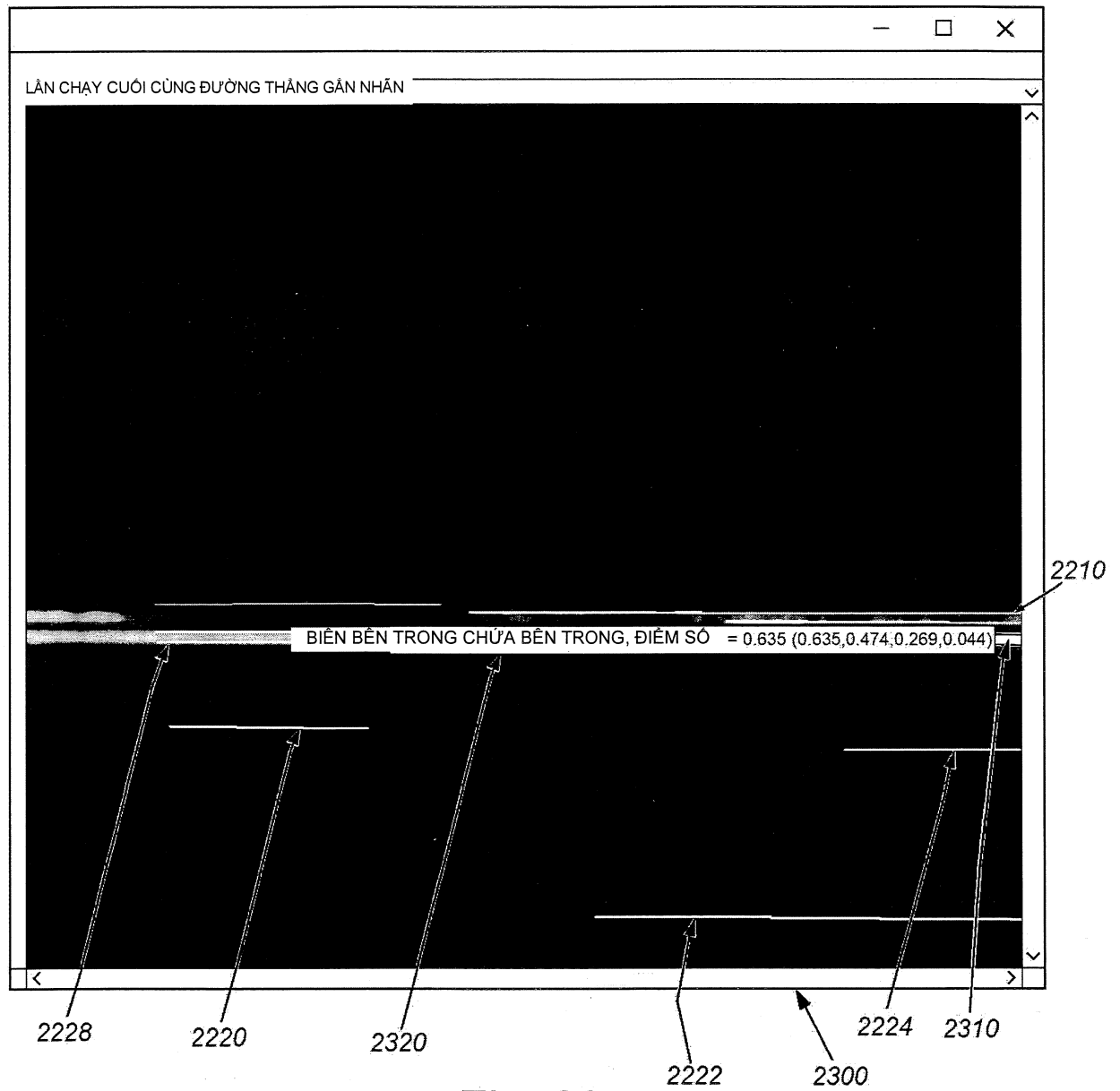


Fig. 23